Neuer

Schauplatz der Künste und Handwerke.

Mit
Berücksichtigung der neuesten Erfindungen.

Herausgegeben
von
einer Gesellschaft von Künstlern, Technologen und Professionisten.

Mit vielen Abbildungen.

Zweihundertvierundzwanzigster Band.

Robert Scott Burn's Dampfmaschinen.

Weimar, 1855.
Verlag, Druck und Lithographie von B. Fr. Voigt.

Robert Scott Burn,

das

Nothwendige und Wesentliche zur Kenntniß

der

Dampfmaschinen,

ihrer Geschichte, ihres Mechanismus, ihrer Behandlung und Wartung.

Für Solche, welche sich in der Kürze über alles Hauptsächliche dieser großartigen Motoren unterrichten wollen, wie sie bei'm Bergbau, Hütten-, Mühlen- und gesammten Fabrikenwesen, als stehende und locomobile Maschinen, ferner auf Schiffen und auf Eisenbahnen als Locomotiven benutzt werden.

Nach

dem Englischen frei und allgemein verständlich bearbeitet

von

Dr. Carl Hartmann,

Berg- und Hütteningenieur, vieler gelehrten und Gewerbsgesellschaften Mitglied.

Mit 145 Abbildungen auf 13 lithographirten Tafeln.

Weimar, 1855.

Verlag, Druck und Lithographie von Bernh. Fr. Voigt.

Vorwort.

Die Erfindung der Dampfmaschine hat für die menschliche Gewerbsthätigkeit denselben Werth, wie die Erfindung der Buchdruckerkunst für die geistige Cultur, die Wissenschaften und die Aufklärung. So wie letztere eine neue Epoche in den Fortschritten des Menschen bezeichnet, so auch erstere und ihre Stellung in der Geschichte der Menschheit ist daher eine sehr bedeutende.

In der Dampfmaschine haben wir ein Mittel gefunden, überall da, wo etwas Wasser vorhanden und wohin Brennmaterialien zu nicht hohen Preisen geschafft werden können, jede nöthige Kraft zu erzeugen, und zwar anhaltend und fortdauernd, wie sie die Industrie im weitesten Sinne des Worts bedarf. Die Dampfmaschine arbeitet, wo und wie wir wollen, keine andere Kraft giebt eine so regelmäßige Bewegung, keine läßt sich so leicht steigern und vermindern; sie kostet nur Unterhalt, wenn sie

arbeitet. Sie läßt sich fast überall hinstellen und gebraucht verhältnißmäßig nur wenig Raum; durch sie war es möglich, das Harlemer Meer innerhalb zweier Jahren von einer Wassermasse von 20,000 Millionen Kubikfuß zu befreien und es trocken zu legen.

Die Dienste, welche die Dampfmaschinen leisten, sind erstaunlich; sie heben Wasser aus den Schächten, sie fördern Kohlen und Erze aus denselben, sie fabriciren das Mehl zu unserm Brode, Kuchen u. drgl., sie treiben Gebläse, Hämmer, Walzwerke und andere Hüttenmaschinen, Münzwerke, die verschiedenartigsten Werkzeugmaschinen in den Maschinenbauwerkstätten, ferner Vorbereitungs- und Spinnmaschinen für Baumwolle, Wolle, Leinen und Seide, Webestühl, Maschinen zum Drucken von Zeugen und von Büchern, zur Darstellung von Papier 2c. In Brauereien, Brennereien, Zuckersiedereien versehen sie die mannichfaltigsten Dienste. Andere große Maschinen versehen die großen Städte der alten und neuen Welt mit Wasser. Locomobile Maschinen von 1 — 4 Pferdekräften versehen den Dienst von Menschen und Thieren: sie bewegen Feuerspritzen, Rammen zum Pilotiren, Krahne, sie zerschlagen Steine zum Straßenbau, sie bewegen Dreschmaschinen, Pflüge 2c.

Eine andere Classe von Dampfmaschinen betreibt Schiffe auf Flüssen, Canälen, Seen und Meeren; die Schifffahrt ist dadurch auf eine wunderbare Höhe gebracht, der Ocean wird mit größerer Geschwindigkeit, als die Sturmeseile, durch-

fahren; der Unterzeichnete erhielt auf diese Weise einen Brief mit dem Poststempel, Newyork, 23. Februar 1855, am 2. März, also in 8 Tagen hier in Leipzig. Der Verkehr von Menschen und Gütern erfolgt mit einer Geschwindigkeit, von der wir sonst gar keinen Begriff hatten.

Noch wunderbarer ist aber die neueste Benutzung des Dampfes, nämlich zum Betriebe von Fuhrwerken auf Eisenbahnen und unser 1822, bei der Bearbeitung von Villefosse's „Mineralreichthum", bei der Beschreibung der damals noch so unvollkommenen Dampfwagen zum Kohlentransport, gethaner Ausspruch, es würden dieselben noch die Triumphwagen des menschlichen Verstandes werden, ist auf eine Art und Weise in Erfüllung gegangen, wie uns damals vor 33 Jahren nicht im Traume einfallen konnte.

Obgleich es nun über diese wichtigen Maschinen, die wir unter der Collectiv-Benennung „Dampfmaschinen" zusammenfassen, sehr viel tüchtige größere und speciellere Werke giebt, wohin auch die im Text näher nachgewiesenen Bände 66—71, 100, 127, 158, 159 und 192 des „Neuen Schauplatzes der Künste und Handwerke" gehören, fehlt es doch an einem zeitgemäßen, leicht zugänglichen, verständlichen und wohlfeilen Werke über diesen wichtigen Gegenstand. Diese Lücke haben wir nun durch das vorliegende, nach einem trefflichen Englischen Originale, nämlich Scott Burn's „**Steam-Engine, its History and Mechanism**" (London 1854) und mit Hülfe anderer guten Quellen, frei bear-

beitete und durch viele Abbildungen illustrirte Buch auszufüllen gesucht.

Jeder Techniker, ganz besonders die angehenden, ja jeder Gebildete, der sich über die verschiedenen Arten der Dampfmaschinen unterrichten will, wird das Werkchen gern benutzen. Es enthält neben Bekanntem über die Dampfmaschinen auch vieles Neue und kann daher auch als Supplement zu den oben erwähnten größern Werken angesehen werden!

Leipzig, im März 1855.

C. Hartmann.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

Fünftes Capitel.

Sechstes Capitel.

Siebentes Capitel.

Achtes Capitel.

Einleitung.

Begriff von dem Worte Dampfmaschinen. — Verbrennung. — Brennmaterial. — Dampfbildung.

Dampfmaschinen sind Maschinen, die durch die Kraft des Dampfes in Bewegung gesetzt werden. Sie sind das für die menschliche Gewerbthätigkeit, was die Buchdruckerkunst für unsere geistige Cultur ist. Ihre Erfindung bezeichnet eine neue Epoche in der Geschichte der Industrie, und die Folgen dieser Erfindung für die menschliche Gesellschaft und die Civilisation waren und sind unübersehbar. — Wind und Wasser wurden weit früher als der Dampf als Triebkraft angewendet, allein ihre Benutzung ist zeitlich und besonders örtlich beschränkt, während dieß die Dampfkraft durchaus nicht ist. Daher auch ihr großer Werth, ihr Einfluß auf die Gewerbe.

Unter Verbrennung versteht man eine von Licht- und Wärmeentwickelung begleitete Verbindung eines brennbaren Körpers mit dem Sauerstoff der Luft, von welcher dem Gewichte nach 100 Theile aus 23 Gewichtstheilen Sauerstoff und aus 77 Gewichtstheilen Stickstoff

und dem Maße nach aus 21 Maßtheilen Sauerstoff und 79 Maßtheilen Stickstoff besteht. Dieser letztere, der vorwiegende Bestandtheil der Luft, ist für die Verbrennung ganz unnütz, wenn er nicht in manchen Fällen, dadurch nützlich wird, daß er die Verbrennung verzögert.

Brennmaterialien oder Brennstoffe nennt man diejenigen Körper, welche in obiger Art sich mit dem Sauerstoffe verbinden und die wegen ihrer Billigkeit, Wärmeentwicklung und Leichtigkeit des Verbrennens zu Zwecken der Technik und des gewöhnlichen Lebens verwendet werden. Es gehören Holz, Torf, Braun- und Steinkohlen, sowie deren Kohlen hierher. — Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, enthalten aber hin und wieder Schwefel und stets erdige und salzige Beimischungen in größerem oder geringerem Verhältniß, die nicht brennbar sind.

Durch die Verbrennung werden diese Stoffe gänzlich verändert und zersetzt; der Kohlenstoff wird theils als Ruß mechanisch mit fortgerissen, oder größtentheils mit Sauerstoff, bei vollständiger Verbrennung, in Kohlensäure und bei minder vollständiger in Kohlenoxydgas verwandelt, die beide brennbar sind. Der Wasserstoff bildet theils mit Sauerstoff Wasserdampf und Wasser und mit Kohle Kohlenwasserstoffgas; Schwefel giebt Schwefelwasserstoffgas und schwefelige Säure.

Verbrennt nun ein Brennstoff von den obigen Bestandtheilen ganz vollständig, so entwickeln sich Kohensäure, Wasserdampf und der von seinem Sauerstoff verlassene Stickstoff der atmosphärischen Luft und es bleiben feste oder lose, unverbrennbare Substanzen, die Asche und bei einigen Schlacke zurück.

Soll eine Verbrennung Statt finden, so muß dem verbrennenden Körper die erforderliche Luftmenge zugeführt und es müssen obige Producte stets abgeführt werden, welches mittelst zweckmäßigen Luftzuges bewerkstelligt wird. Auch erfordert jedes Brennmaterial, sowohl um sich zu entzünden, als auch um fortzubrennen, eine bestimmte hohe Temperatur, die sogenannte Ent-

zündungstemperatur, die für verschiedene Brennstoffe verschieden ist, aber mindestens 500° C. oder 400° R. beträgt. Man bringt den Brennstoff durch das Anzünden auf jene Temperatur und es muß dieselbe zu seinem Fortbrennen stets vorhanden sein; jeder brauchbare Brennstoff entwickelt aber mehr Wärme, als jene beträgt, weil man ihm sonst nichts entziehen dürfte.

Man erhält die Temperatur und die erforderliche Beschaffenheit eines Feuers dadurch, daß die angehende oder entstehende Verbrennung durchaus nicht abkühlt, indem man die Brennmaterialien mit schlechten Wärmeleitern umschließt, daß man die Hitze, d. h., den Effect der Verbrennung nur an dem der Luftzuführung entgegengesetzten Ende nutzbar macht oder entzieht. — Der Luftzug wird durch den Rost, den Feuerraum, die Züge und vor Allem durch die Esse oder den Schornstein; endlich durch Ventilatoren, Exhaustoren und das Ausblasen des Dampfes der Maschine in eine Esse, wie bei den Locomotiven, hervorgebracht; wir kommen weiter unten im 2. Cap. darauf zurück und stellen hier nur noch einige mehr theoretische Betrachtungen an:

Der Luftzug entsteht dadurch, daß die sich bildenden gasförmigen Producte, so wie die unzersetzte Luft bei'm Verbrennen erhitzen, dadurch specifisch leichter werden und deßhalb aufwärts steigen. Es entstehen dadurch Luftverdünnungen, wodurch andere Theilchen eindringen können. Man erkennt diese Bewegungen an jedem frei brennenden Feuer, an jeder Lichtflamme, denn beide können durch dieselbe nur fortbrennen. — Umschließt man nun ein solches Feuer mit einer so weiten Röhre, daß alle heißen Gase hindurchströmen können und doch von der abkühlenden äußern Luft geschieden sind, so müssen die Gase eine höhere Temperatur beibehalten, als bei der offenen Verbrennung. Je heißer die Luftarten werden, um so ausgedehnter und leichter sind sie auch, um so bedeutender wird ihr Unterschied gegen die äußere Luft und um so mehr strömt diese nach. Diese Röhre ist nun die Esse.

Die Wirkung einer Esse hängt von ihrer Höhe, ihrem Querschnitt, von der Temperatur der Gase und von dem Material, aus denen die Essenwände bestehen, ab. — Für eine gegebene Höhe der Esse und die Temperatur in derselben, läßt sich die Geschwindigkeit des Luftstromes und aus dieser und dem Essenquerschnitt die durchströmende Luftmasse bestimmen. Practische Erfahrungen beweisen aber, daß nur $\frac{1}{4}$ der berechneten Geschwindigkeit wirklich herauskommt und der Luftzuführung zu Grunde gelegt werden kann. Man darf ferner rechnen, daß bei noch so guter Verbrennung $\frac{1}{3}$ der Luft durchströmt, ohne seinen Sauerstoff abgegeben zu haben.

Es erfordern an atmosphärischer Luft von mittlerer Temperatur, um vollständig zu verbrennen, nachstehende Mengen (mit Einrechnung der unverbrannten durchziehenden Luftmenge $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ des Gemenges): 1 Pfund ganz trocknes Holz = 160 Cub.-Fuß, 1 Pfund lufttrocknes Holz = 120 C.-F., 1 Pfund Holzkohle = 290 C.-F., 1 Pfund Steinkohle = 320 C.-F.

Wir wollen nun über die verschiedenen Brennmaterialien einige nöthige Bemerkungen machen:

1) Holz enthält im frisch gefällten Zustande zwischen 20 und 50 Procent mechanisch aufgenommenes Wasser, am Wenigsten das von Buchen, am Meisten das von Pappeln und Weiden. Lufttrocken enthält es immer noch 16 bis 18 Procent Wasser. — Wird gedörrtes Holz an die Luft gelegt, so nimmt es 10 bis 12 Proc. Feuchtigkeit wieder auf.

Fast alle Hölzer enthalten, völlig trocken 52 Proc. Kohlenstoff und 48 Proc. chemisch gebundenes Wasser, welches letztere nur durch die Verkohlung vertrieben werden kann. Bei diesem Proceß bleibt Holzkohle, d. h. fast ganz reiner Kohlenstoff mit dem Aschengehalt, zurück. Dieser letztere schwankt zwischen 1 und 5 Proc. dem Gewichte nach, letzteres bei der Linde; man kann ihn aber bei den gewöhnlichen lufttrocknen Brennhölzern zu 2 Proc. annehmen.

Ein Pfund Holz, welches durch künstliches Trocknen alles Wasser verloren hat, kann 35 Pfund Wasser von 0° bis zum Sieden erhitzen und 6,36 Pfund Wasser verdampfen, wogegen aber 1 Pfund Holz mit 25 Proc. Wassergehalt nur 26 Pfund Wasser zum Kochen bringen kann. Man sieht daher, wie nützlich es ist, das Holz recht trocken zu verbrennen.

2) Holzkohlen werden nur sehr selten zur Verdampfung verwendet; 1 Pfund erhitzt 73 Pfund Wasser bis zum Siedpunct und verdampft 13,27 Pfund.

3) Torf ist ein sehr verschiedenartiger Brennstoff, der aber, wenn er in der Nähe vorkommt und daher wohlfeil ist, für die Dampfmaschinenfeuerung großen Werth hat. Er bedarf eines sehr sorgfältigen Trocknens und muß dann sofort benutzt werden, weil er sehr leicht wieder Feuchtigkeit aufnimmt. 1 Pfund Torf bringt 30 Pfund Wasser zum Sieden und verdampft 5,45 Pfd. Wasser. Der Aschengehalt beträgt 2 bis 30 Proc. und hängt von der Menge sein Werth sehr ab.

4) Die Braunkohle hat ebenfalls eine sehr verschiedenartige Beschaffenheit, denn während reine Pechkohle fast die Leistungen der Steinkohle erreicht, sind die meistens vorkommenden erdigen Sorten nur denen des Torfs gleich zu achten. Da die Braunkohlen sehr viel Grubenfeuchtigkeit enthalten, so ist es sehr wesentlich, sie gut auszutrocknen und bis zur Benutzung recht trocken aufzubewahren. Enthält eine Braunkohle daher 12 bis 18 Proc. Wasser und viele Asche, so hat sie nicht viel Werth und lohnt keinen weiten Transport. Erdige Braunkohlen müssen geformt werden und es geschieht dieß gewöhnlich, wie bei den Ziegelsteinen, mit Menschenhänden; weit besser ist aber eine Maschine, z. B. die Milch'sche, welche rascher und wohlfeiler arbeitet und weit trocknere Steine giebt. Braunkohlen sind ein treffliches Brennmaterial zur Dampfkesselfeuerung, wenn sie in der Nähe vorkommen.

5) Steinkohlen werden in technischer Hinsicht in Back-, Sinter- und Sandkohlen abgetheilt, je

nachdem nämlich die daraus dargestellten Coaks sich blasig, gefrittet oder sandig (pulverförmig) zeigen. 1 Pfd. Steinkohlen mittlerer Qualität erhitzt 60 Pfund kaltes Wasser bis zum Siedpunct und verdampft 10,90 Pfd. — 1 preußische Tonne (= 4 Berliner Scheffel = 7⅓ Cubik-Fuß Rhein.) Fettkohlen von der Ruhr wiegt 340 bis 360 Pfd., 1 Tonne Saarkohlen 364 bis 370 Pfund.

1 Pfund Coaks, d. h. verkohlte Steinkohlen, erhitzt 65 Pfd. bis zum Kochen: man benutzt sie bekanntlich vorzugsweise zur Locomotivenfeuerung.

Steinkohlen, selbst im staubigen oder grusigen Zustande, sind das werthvollste Brennmaterial zur Dampfkesselfeuerung und man hat die Staubkohlen zu dem Ende auch neuerlich auf verschiedene Weise mittelst Maschinen zu Steinen geformt, indem diese besser brennen, als die lockern Massen und sich besser einschüren lassen. Es sind diese künstlichen Kohlen sehr dicht, fest und unzerreiblich.

Der Brennwerth verschiedener Materialien ist, dem Gewichte nach, folgender: 100 Pfd. gutes lufttrocknes Buchenholz = 141 Pfd. Wetterauer Braunkohlen (erdig mit 18 bis 22 Proc. Asche) = 50 Pfd. Ruhr-Steinkohlen = 110 Pfd. Torf vom Main mit 8 bis 10 Proc. Asche.

Wir wenden uns nun mit ebenfalls nur kurzen Bemerkungen zur Bildung des Dampfes, der die eigentliche Triebkraft in der Dampfmaschinen ausmacht. — Erwärmt man eine tropfbare Flüssigkeit bis zu einem gewissen Grade, so kocht oder siedet sie und die Temperatur, bei welcher dieser Zustand eintritt, nennt man den Siedepunct und die sich dann bildende elastische Flüssigkeit Dampf. Für den Betrieb der Dampfmaschinen, so wie überall für technische Zwecke, hat nur der Wasserdampf Wichtigkeit, denn obgleich man neuerlich auch Schwefeläther- und Chloroform-Dämpfe zur Bewegung von Maschinen benutzt hat, so sind doch diese Versuche noch nicht von der Art, um in einem

Buche, wie das vorliegende, nähere Notiz davon nehmen zu können, da sie sehr beschränkt geblieben sind.

Der Siedepunct des Wassers hängt von dem Druck auf dasselbe ab; er erfolgt im luftverdünnten Raume in einer geringern Temperatur, als unter dem atmosphärischen Druck, wo diese Temperatur 80° R., 100° C. oder 212° F. beträgt. Umgekehrt kann aber auch das Wasser in einem fest verschlossenen Gefäße über 1000° C., ja bis zur Glühhitze erhitzt werden, ohne zu sieden.

Es folgt aus dem Obigen, daß die bei'm Sieden entstandenen Dämpfe eine gewisse Kraft haben müssen, um den auf der Flüssigkeit lastenden Druck überwinden zu können, welches sich deutlich dadurch zeigt, daß die drückende Kraft, welche man Spannkraft, Expansivkraft oder Elasticität des Dampfes nennt, bei fortgesetzter Erwärmung dessen Wände sprengen muß. Auf der Spannkraft des Dampfes beruht seine Benutzung als Triebkraft. — Die Messung des Dampfdrucks wird durch die Höhe einer Quecksilbersäule, in Zollen, durch die Zahl der Atmosphären, oder durch die Belastung auf den Quadrat- oder Kreiszoll, in Pfunden, bewirkt.

Da nämlich das Wasser bei 100° C. kocht, so besitzt der sich so bildende Dampf eine Kraft, welche der Spannkraft der gewöhnlichen atmosphärischen Luft oder der Atmosphäre gleich ist. Eine Quecksilbersäule, welche von der Spannkraft des gedachten Dampfes getragen wird, muß deßhalb, wie das Barometer bei dem gewöhnlichen Luftdrucke, zu einer Höhe von etwa 30 Engl. oder 29 Preuß. oder 28 Pariser Zollen oder von 16 Centimetern, wobei die Temperatur des Quecksilbers = 0° C. beträgt, angenommen werden.

Da ferner der Dampf von mehr als 100° C. Wärme eine größere Spannkraft als die atmosphärische Luft besitzt, und diese Kraft durch Temperatur-Erhöhung diejenige der Atmosphäre nur um das Zwei-, Drei-, Vierfache rc. übersteigen kann, so sieht man, wie man für die höhere Pressung des Dampfes den Druck der gewöhnlichen Luft zur Maßeinheit annehmen und von

Dampf von 2, 3, 4 und mehren Atmosphären Spannung reden kann. Hiermit hängt zugleich die Angabe der Dampfspannung in Pfunden auf einer Fläche von einem Quadrat- der Kreiszoll zusammen. Da man nämlich weiß, daß die gewöhnliche atmospärische Luft auf alle Körper mit ohngefähr 15 (engl.) Pfunden auf den Quadratzoll drückt, so muß auch Dampf von 1 Atmosphäre Spannung denselben Druck zeigen, ein Druck von 30 Pfd. die Spannkraft von 2 Atmosphären angeben u. s. w.

Zum Betriebe der Dampfmaschinen benutzt man nun die Spann- oder Expansivkraft des Wasserdampfes; seine latente Wärme dient als schnelles, leichtes und sehr gleichmäßiges Erwärmungsmittel, weßhalb man die Dämpfe durch Röhren in Zimmer und sonstige Räume, in zu erwärmendes Wasser leitet und dazu auch den schon von einer Dampfmaschine als Triebkraft verwendeten, benutzt.

Diejenigen unserer Leser, die sich näher über Brennmaterialien und Dampfbildung, über die wir hier nur das Nöthigste sagen konnten, unterrichten wollen, verweisen wir auf nachstehende Bände des Schauplatzes:

112. Band. Hartmann's vollständige Brennmaterialkunde oder die Eigenschaften und die Gewinnung der verschiedenen in den Gewerben und Künsten und im Haushalte angewendeten rohen und durch die Wald- und Ofenverkohlung dargestellten Brennmaterialien 2c. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 4 lithographirten Tafeln. 1847.

167. Band. Derselbe: Ueber Auffindung, Gewinnung und Förderung der mineralischen Brennstoffe, namentlich des Torfs, der Braun- und Steinkohlen, so wie über die Verbreitung, Aufbereitung, Verkohlung ader Vercoakung derselben. 2. Aufl. Mit 10 lithogr. Tafeln. 1853.

69. Bd. 1—4 Abth. und Ergänzungsband. Verdam's Grundsätze, nach welchen alle Arten von Dampfmaschinen zu beurtheilen nnd zu erbauen sind. Ein

populäres Hand- und Lehrbuch für Maschinenbaumeister, Fabrikbesitzer und Gewerbsschulen. Aus dem Holländischen von Dr. C. H. Schmidt. 1835—37. Mit vielen lithogr. Tafeln. Die 1. und 2. Abtheilung in zweiter Auflage von Hartmann. 1848.

158. und 159. Band. Grouvelle, Jaunez und Jullien, Handbuch über den Bau, die Anfstellung, Behandlung, Bedienung, Heizung, Abwartung und Conservirung der Dampfmaschinen. Deutsch bearbeitet von C. Hartmann. 2 Bände. Mit 43 lithographirten Tafeln. 2. Auflage. 1852.

Erstes Capitel.

Geschichtliches über die Dampfmaschinen bis zu Watt.

Schon die Alten hatten einige Kenntniß von dem Nutzen und der Kraft des Dampfes und der erwärmten Luft und besaßen auch einige Vorrichtungen, um die Entwickelung des Dampfes nachzuweisen, jedoch hatten dieselben gar keinen Zweck. Hero von Alexandrien, der um's Jahr 130 vor Christi Geburt lebte, werden einige von diesen Vorrichtungen zugeschrieben. In Fig. 1 sieht man ein Gefäß a mit einer daran befestigten Röhre c und einem, an dem oberen Ende befestigten Schälchen d. Dieses Gefäß wird nur zum Theil mit Wasser gefüllt und dasselbe durch ein Feuer oder eine darunter gestellte Spirituslampe erhitzt. Sobald sich nun Dampf entwickelt, entweicht derselbe mit großer Geschwindigkeit aus der Röhre und erhält die Kugel e so lange schwebend, als er ausströmt. Die Haupterfindung aber, wodurch Hero noch jetzt bekannt ist und die fast alle Erfordernisse eines vollständigen Motoren in sich faßt,

kennen wir unter dem Namen der „Aeolipila“. Diese Erfindung verdient aber um so mehr berücksichtigt zu werden, da sie neuerlich als eine wirksame und wohlfeile Dampfmaschine eingeführt worden ist.

Fig. 2 erklärt die Einrichtung und Wirkung. Es sei a ein theilweis mit Wasser gefülltes Gefäß, welches über einem Feuer angebracht worden ist; mit dem Innern stehen zwei Röhren b, b in Verbindung, die oben rechtwinklig gebogen sind. Eine hohle Kugel c dreht sich um die Arme b, b und ist an zwei entgegengesetzten Puncten ihres Durchmessers mit zwei Röhren e, d versehen, deren Enden zwar verschlossen sind, die aber dagegen an zwei entgegengesetzten Seiten jede mit einer kleinen Oeffnung versehen ist. Der Dampf strömt aus dem Gefäß, durch die beiden Röhren b, b, in die Kugel c und durch die beiden Oeffnungen in d, e wieder aus. Die Reaction der beiden entgegengesetzten Dampfstrahlen auf die umgebende Luft veranlaßt eine sehr schnelle Drehnng der Kugeln um ihre Achsen. Aus Fig. 3 wird die gegenseitige Stellung der Dampfstrahlen b, c an den Röhren d, e, Fig. 2, noch deutlicher; die Kugel a dreht sich in der Richtung der Pfeile. Durch diese Verrichtungen lernen wir die Eigenschaften der Dampf-Expansion und Contraction kennen. Hero bemerkt in seinem „Spiritualia seu Pneumatica“, daß er sich mit den Kenntnissen sowohl seiner Zeitgenossen, als älterer Physiker über diese Gegenstände bekannt gemacht habe, so daß die obige Vorrichtung nicht einmal als seine eigene, sondern als eine vielleicht ältere Erfindung angesehen zu werden verdient, und daß daher anzunehmen ist, man habe die Eigenschaften der Wasserdämpfe schon mehre Jahrhunderte vor Christo gekannt. Jedoch wurde diese Kraft nie zum allgemeinen Nutzen verwendet, zumal sie nur Wenige, namentlich die Priester, kannten, die sie auch zu ihren Mysterien verwendet haben mögen, wie z. B. Memnon! So soll, wie William v. Malmesbury erwähnt, um's Jahr 1121 in einer Kirche zu Rheims eine hydraulische Orgel befindlich gewesen sein,

bei der die Töne in den metallenen Pfeifen durch erhitztes Wasser hervorgebracht wurden.

Bei dem Wiederaufblühen der Wissenschaften in Europa scheinen manche von den alten Physikern beschriebene Vorrichtungen, welche sie kannten und die in den Schriften, welche nun gesammelt, abgeschrieben und später auch gedruckt wurden, beschrieben waren, die Aufmerksamkeit angeregt zu haben und nachgemacht worden zu sein. Dahin scheint z. B. die Erfindung des Schiffscapitains Blasco de Garey zu gehören, von der eine unter Kaiser Carl V zu Barcelona niedergesetzte Prüfungscommission berichtet, daß dadurch ein Schiff mit einer Ladung von 200 Tonnen (à 20 Centner) mit einer Geschwindigkeit von 3 engl. Meilen in der Stunde bewegt worden sei. Die Triebkraft soll in einem Kessel mit Wasser, der Explosionen ausgesetzt war, erlangt worden sein; sie wirkten auf Schaufelräder. Auffallend ist es, daß dieser Versuch kein weiteres Resultat hatte, und daß die Erfindung gänzlich außer Acht gelassenwurde.

Am Schlusse des 16. Jahrhunderts wurden verschiedene mechanische Apparate zur Wasserhebung beschrieben, die sämmtlich auf die Principe des Hero von Alexandrien begründet waren. Im Jahre 1606 gab Baptista Porta, der wohlbekannte Erfinder der Camera obscura, einen Commentar zur Pneumatica heraus, in welchem er die in Fig. 4 abgebildete Vorrichtung beschreibt. Es sei a ein Ofen und b ein kleiner Kessel, welcher das zu erhitzende Wasser aufnimmt. Der sich dort bildende Dampf steigt in der Röhre c auf, die fast bis zum Deckel des luftdicht verschlossenen Kastens d d reicht, der auf zwei Drittel mit Wasser angefüllt ist. Der Dampf drückt auf die Oberfläche des Wassers und treibt es daher durch die Röhre e heraus; dieselbe reicht fast bis auf den Boden des Kastens d d. Obgleich der Erfinder diesen Apparat nicht zur Wasserhebung anwendete, so verdient er doch der besonderen Berücksichtigung, da er die ersten Keime einer wesentlichen Unterscheidung des Dampfmechanismus enthält, da das Gefäß, welches

das zu hebende Wasser enthält, von demjenigen unterschieden ist, in welchem der Dampf erzeugt wird.

Salomon de Caus beschreibt in einem zu Heidelberg, im Jahre 1615 erschienenen Werke: „Les Raisons des Forces mouvantes avec diverses Machines tant utiles que plaisantes", unter mehren sehr unbedeutenden Vorrichtungen auch die in Figur 5 abgebildete, zur Wasserhebung geeignete. a, a ist eine Kugel von Kupferblech, die mittelst der Röhre c theilweis mit Wasser gefüllt werden kann und die mit einer zweiten Röhre b b, die fast bis zum Boden reicht, versehen ist. Erhitzt man nun die Kugel, so daß sich aus dem Wasser in a a Dampf entwickelt, und verschließt man die Röhre c mit einem Hahne, so wird das Wasser in der Röhre b, b in die Höhe steigen und entweichen, da der Dampf in a darauf drückt.

Der Italiener Branca erfand 1629 eine Vorrichtung, die in Fig 6 abgebildet ist und mittelst der er den in dem Gefäß A entwickelten, durch a ausströmenden Dampf gegen die Schaufeln des Rades b leitete. Es war also eine rotirende Bewegung gewonnen, die durch das Getriebe c d fortgepflanzt wurde.

Der englische Marquis v. Worcester, der in den Bürgerkriegen Englands großen Glückswechsel erfahren hatte, publicirte 1663 ein Werk: „A Century of Inventions etc.", in welchem er mehre dieser Vorrichtungen beschrieb und auch einige für seine eigenen Erfindungen ausgab. Das Werk ist, als Zusammenstellung des damals Bekannten, historisch wichtig.

D. Papin, ein wegen der Aufhebung des Edicts von Nantes aus seinem Vaterlande entflohener Franzose, erfand 1680 den nach ihm bekannten Digestor, einen fest verschlossenen Topf, in welchem gespannte Dämpfe erzeugt werden und darauf das Sicherheitsventil. Im Jahre 1690 stellte er die, in Fig. 7 dargestellte Einrichtung her. In dem Cylinder A kann unterhalb des Kolbens B Wasser verdampft und der Dampf durch Wegnahme des Feuers verdichtet werden.

H Kolbenstange, E ein Sperrkegel, zum Halten des Kolbens bei stattfindender Condensation, F F Leitrollen für die zum Angriff der Last L dienende Kette, M Lufteinlaßrohr. Dasselbe wird bei vollständiger Condensation des Dampfes geöffnet und es sinkt dann der Kolben, durch den Luftdruck getrieben, hinab.

Der euglische Capitain Savary kam im Jahre 1698 mit der Erfindung eines Apparats zu Stande, worin der Dampf eine nutzbare, mechanische Leistung gewährt, stellte ein Modell davon in der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu London auf und nahm ein Patent auf seine Dampfmaschine. In dem Mauerwerk A A, Fig. 8, stehen zwei Kessel B und C; B ist ein Vorwärmekessel, der durch d e frisches Wasser erhält und es durch ein Heberohr in C, den eigentlichen Dampferzeuger, übertreten läßt. Das Dampfrohr D verzweigt sich, und zwar mit Abschlußhähnen a′ a′ versehen, an zwei Gefäßen E E′; bei c c liegt für jedes Gefäß ein Saugventil; bei b b ein Steigventil, ein gemeinschaftliches Rohr F führt das gehobene Wasser in die Höhe. Durch Condensation des Dampfvolumens in E wird ein Vacuum gebildet, welches sich sehr bald mit Wasser füllt. Der neu eintretende Dampf drückt solches dann auf eine, seiner Spannkraft entsprechende Höhe. Durch Anwendung der beiden Gefäße E und E′ wurde der Apparat zu einem ununterbrochen arbeitenden. Einrichtungen dieser Art kamen viele im Großen zur Ausführung.

Th. Newcomen und J. Cawlay von Dartmouth vereinigten sich 1705 mit Savary, um ein Patent auf die von Ersterem erfundene Kolbendampfmaschine zu nehmen. Savary's Maschinen hatten schon viele Verbreitung gefunden, waren aber immer zu theuer in der Unterhaltung und zu gefährlich, da sie kein Sicherheitsventil hatten. Newcomen's Maschine, auch atmosphärische Maschine genannt, die erste eigentlich brauchbare Dampfmaschine, wird noch jetzt hin und

wieder zur Wasserhebung bei Steinkohlengruben angewendet.

Die Einrichtung und Wirksamkeit der ersten von Newcomen construirten Maschine ist in Fig. 9 abgebildet: a ist der Kohlenofen, b der Kessel, c eine Röhre, welche den Dampf in das Innere des am oberen Ende offenen Cylinders d führt, in welchem sich der Kolben e auf- und niederbewegt. Der letztere ist mit dem Balancier f verbunden, der sich um seinen Zapfen g dreht. Am anderen Ende des Balanciers hängt das in den Schacht gehende Pumpengestänge und darüber nur ein Gegengewicht h, wodurch der Kolben aufgezogen wird. Strömt nun Dampf in das Innere des Cylinders, der darauf verdichtet wird, indem man kaltes Wasser auf die äußere Oberfläche fallen läßt, so entsteht in dem Cylinder eine Luftleere oder vielmehr Luftverdünnung, und indem nun die äußere atmosphärische Luft auf die obere Fläche des Kolbens drückt, sinkt derselbe und mit ihm das Ende f des Balanciers, während das entgegengesetzte Ende h mit dem Gegengewicht und dem Pumpengestänge in die Höhe geht. Die Wirkung dieser Maschine hängt ganz augenscheinlich von der Kolbenoberfläche ab, auf welche die Atmosphäre einen Druck von etwa 14,75 Pfund auf den Quadratzoll ausübt. Nimmt man nun den Kolben zu 50 Quadratzoll an, so kann die Maschine ohngefähr ein Gewicht von 800 Pfund heben. Dieß ist die theoretische Ansicht von dem Fall, von der jedoch die practische weit verschieden ist, da hierbei Reibung und mehr oder weniger vollkommene Bildung der Luftleere in's Spiel kommt. Zur Verminderung der Reibung wurde der Kolben mit einer Liederung von Hanf oder Leder versehen, die gehörig geschmiert wurde. Dennoch war die Reibung des Kolbens und des Balanciers so bedeutend, daß dadurch viel von der Wirkung der Maschine verloren ging; dahin wirkte auch die unvollkommene Verdichtung des Dampfes unter dem Kolben, indem viel von demselben im Verhältniß seiner Tem-

peratur zurückblieb, so daß die zu hebende Last sehr vermindert wurde. Der Niedergang des Kolbens wurde auch durch Luft verhindert, die mit Dampf in den Cylinder geströmt war, nicht verdichtet werden konnte und daher gegen den Kolben trat. Der Dampf wirkt bei der Newcomen'schen oder atmosphärischen Maschine nur zur Hervorbringung der Luftleere unter dem Kolben. Eine wesentliche Vervollkommnung der Dampfmaschinen war noch durch den Balancier und die Verbindungsstangen erreicht.

Die Maschine erhielt nun nach und nach verschiedene Verbesserungen, von denen wir hier die wesentlichen beschreiben wollen. Zuvörderst war es nothwendig, eine bessere Luftleere zu erzeugen, als dieß bisher durch äußere Abkühlung des Cylinders möglich gewesen war. Bei einer 1712 von Newcomen zu Wolverhampton zur Wasserhaltung bei einer Grube erbaueten Maschine wurde daher, wie Fig. 10 zeigt, kaltes Wasser in den Cylinder eingelassen, um den unter dem Kolben befindlichen Dampf zu verdichten. a a ist der Cylinder, b der Kolben, c eine Röhre, die von der Kaltwassercisterne ausgeht und mit einem Hahne versehen ist, um die zuströmende Menge reguliren zu können. Das untere Ende dieser Röhre ist in den Cylinderboden eingelassen und das Wasser gelangt als ein Strahl d in den Raum unter dem Kolben, verbreitet und vermischt sich mit dem Dampf und es wird dadurch die Condensation sogleich bewirkt. e ist das Schnarchventil mit Röhre; f eine 30 Fuß lange Röhre, um das heiße Wasser aus dem Cylinder abzuleiten. Diese schnellere Condensation beanspruchte auch ein Mittel, um die Geschwindigkeit der Maschine in den Fällen zu reguliren, wenn die zu hebende Last veränderlich war, indem man eine größere oder geringere Menge von Condensationswasser einspritzte und eine mehr oder weniger vollkommene Luftleere hervorbrachte. Ohnerachtet der sehr wesentlichen Verbesserung, welche die atmosphärische Maschine erhalten hatte, war zu ihrer Wartung doch

noch ein sehr aufmerksamer Maschinist erforderlich, der, da er von Zeit zu Zeit durch einen andern abgelös't werden mußte, viel Kosten verursachte. Wenn nämlich der Aufseher den Dampfhahn geöffnet hatte, so mußte er so lange warten, bis daß der Kolben den höchsten Standpunct erreicht hatte, worauf er ihn verschloß und den Einspritzhahn öffnete, um den Dampf unter dem Kolben zu verdichten. Wenn dieser Proceß bewerkstelligt worden war, der Kolben abwärts gehen konnte und der Dampfhahn nicht früh genug geöffnet wurde, so fiel der Kolben auf den Cylinderboden nieder und veranlaßte Beschädigung.

Die Selbststeuerung, nämlich, daß die Maschine die Hähne zu rechter Zeit von selbst verschloß und öffnete war daher eine sehr wesentliche Vervollkommnung. Ein Knabe, Humphrey Potter, der als Maschinenwärter angestellt war, fand das aufmerksame Verschließen und Oeffnen der Höhne sehr unbequem, da es ihm gar keine Zeit zum Spielen ließ und er ersann daher einfache und in ihrer Ausführung noch sehr unvollkommene Verbindungen zwischen den Hähnen und dem Balancier und veranlaßte deren Bewegung; er erlangte dabei eine Geschwindigkeit von 15 bis 16 Kolbenzügen in der Minute. Der Ingenieur Henry Beigthon zu Newcastle bildete die Erfindung mehr aus und erbauete 1718 die erste Maschine mit Selbststeuerung; sie bestand aus einer Reihe von Hebelarm, die durch den Balancier bewegt und wodurch die Hähne rechtzeitig geöffnet und verschlossen wurden.

Wir geben mit Hülfe der Figg. 11 bis 13 eine Beschreibung der Steuerung: die Oeffnung der Dampfröhre war mit einem Schiebeventil bedeckt, daß im Innern des Kessels angebracht werden; dieses Ventil wurde von einem Hebel bewegt, der mit der Stange von jenem verbunden war, die durch den obern Theil des Kessels ging, wie Fig. 11 zeigt. Hier ist a die Dampfröhre, b das Schiebeventil, dessen Stange durch c geht und durch den gebogenen Hebel d bewegt wird. Mit

diesem ist ein horizontaler Hebel e, Fig. 12 verbunden, dessen anderes Ende bei f in eine Gabel tritt; eine Spindel vereinigt die beiden Enden der Gabel, und zwei Bügel, wie bei g, verbinden jede Seite der Gabel mit einer Welle, die sich um den Mittelpunct h dreht. Diese Welle wurde durch Nägel an der Steuerstange n n bewegt, welche auf die Schlüssel k m drückten, die an der Welle h befestigt worden waren. An derselben Welle und zwischen den beiden Klauen, war ein Hebel angebracht, der ein Y förmiges Ende oder zwei vorspringende Arme i i, und am anderen ein Gewicht j hatte. Der Einspritzhahn wurde von dem in Fig. 13 abgebildeten Mechanismus geöffnetet und verschlossen. Es sei a a die Steuerstange und n n, Fig. 12 entsprechend und es sei dieselbe mit hervorstehenden Nägeln c versehen, welche auf das Ende d des Hebels d e drücken, mit dessen letzterm Ende ein verzahnter Quadrant f verbunden ist, der in einen zweiten verzahnten Quadranten g eingreift, welcher an der Spindel im Injectionshahne sitzt.

Die Wirksamkeit des Apparats ist nun folgende: An der niedergehenden Steuerstange n n tritt ein Nagel gegen die Klauen k; dadurch wird die Welle h gedreht und das Gewicht j fällt mit bedeutender Kraft und es tritt einer von den Armen i i gegen die Stange, welche die beiden Klauen der Gabel e f verbindet; der Hebel e wird gegen die Steuerstange gedrängt und das Dampfventil b, Fig. 12, geöffnet. Gleichzeitig mit dem Druck eines Nagels auf die Klauen oder den Schlüssel k erfolgt ein anderer Druck eines andern Nagels an der Steuerstange auf das Ende des Hebels d, Fig. 11, der auf die Quadranten f g wirkt und den Einspritzhahn h (Fig. 13) verschließt. Der Kolben wird nun durch das Gegengewicht aufgezogen. Sobald er in die Nähe des oberen Cylinderrandes gekommen ist, drückt ein Nagel gegen die Klauen m, Fig. 12, das Gewicht j fällt über, bewegt, wie vorher, den Hebel e, jedoch von der Steuerstange fort, ein Dampfventil wird ge-

schlossen und der Einspritzhahn h wird auf die oben angegebene Weise geöffnet.

In diesem Zustande blieb die atmosphärische Maschine lange Zeit, bis sie von dem Ingenieur John Smeaton vielfach verbessert wurde. Im Jahre 1767 erbaute derselbe die, in Fig 14 abgebildete, Maschine für die New River Compagnie. Durch Berechnung der Verhältnisse und durch Berücksichtigung, daß zweimal bei jedem Hube das Wasser still stand und der Kolben, Balancier und andere Theile der Maschine aus dem Zustande der Ruhe in Bewegung übergehen mußten, wodurch ein großer Kraftverlust herbeigeführt wurde, gelangte er dahin, die Maschine langsamer zu betreiben, den Kolben so stark als möglich zu belasten und weitere Pumpen zu nehmen. Um die Geschwindigkeit der Wassersäule in dem Pumpen-Cylinder noch mehr zu vermindern, machte er den Drehpunct des Balanciers excentrisch, so daß der Kolbenhub 9 Fuß, während der Hub des Kolbens von dem 30 Fuß hohen Pumpen- oder Kunstsatz nur 6 Fuß betrug Eine solche Einrichtung erforderte die Anwendung eines langen Cylinders von 18 Zoll Durchmesser; die Belastung des Kolbens wurde von 7 Pfd. bis auf 10½ Pfd. auf den Zoll gesteigert. Nachdem aber diese Maschine in Betrieb gesetzt worden war, zeigten sich viele Mängel. Smeaton machte mit Hülfe eines Modelles viele Versuche und war auf diese Weise im Stande, an einer neuen Maschine abermals viele Verbesserungen anzubringen.

Diese Maschine wurde im Jahre 1772 bei der Long Benton-Steinkohlengrube bei Newcastle erbauet und war damals die beste unter allen vorhandenen; sie ist in Fig, 15 abgebildet. Der Cylinderdurchmesser hatte 72 Zoll, die Länge des Kolbenhubes betrug 9 Fuß, er machte 9 Hübe in der Minute und die Kunstsätze waren 51 Fathoms (à 6 Fuß) hoch. Die Pumpencylinder waren 16¼ Zoll weit und hoben in der Stunde 800 Oxhoft Wasser, wobei 13 Bushels Steinkohlen ver-

brannt wurden. Nach den jetzt gültigen Formeln berechnet, hatte die Maschine eine Kraft von 76 Pferden.

In Deutschland, z. B. in Schlesien, finden sich noch jetzt mehre Newcomen'sche Maschinen im Betriebe, die in dem letzten Jahrzehend des 18. Jahrhunderts zur Wasserhaltung auf Steinkohlengruben erbauet worden sind. Eine derselben auf der Königsgrube in Oberschlesien hat einen 32zölligen Cylinder, eine Hubhöhe von 5 Fuß, macht 9 Hübe in der Minute und dient zum Betriebe eines Saugsatzes von 180 Fuß Höhe und $10\frac{1}{4}$ Zoll Weite. Sie arbeitet mit 15 Pferdekräften und verbraucht täglich etwa 10 Tonnen Steinkohlen (à $7\frac{1}{3}$ Kubikfuß).

Wir wenden uns nun zuvörderst im zweiten Capitel zur Betrachtung der Dampfkessel und ihrer Oefen und gehen im dritten Capitel zur Geschichte und Beschreibung der Dampfmaschinen seit Watt bis zur Jetztzeit über.

Zweites Capitel.

Die Dampfkessel und ihre Oefen.

Unter Dampfkesseln versteht man hohle metallene Gefäße, in denen Wasser erhitzt und in Dampf verwandelt wird, wobei wesentliche Bedingung ist, in einer gewissen Zeit eine bestimmte, je nach den Umständen erforderliche Quantität Dampf mit der möglichst geringen Menge von Brennmaterial bei gehöriger Sicherheit zu erzeugen. Es muß daher ein solcher Kessel wasser- und dampfdicht sein, er muß das Feuer auf das Zweckmäßigste benutzen, er muß die erforderliche, gesetzlich vorgeschriebene Stärke haben, um dem Druck des Wassers und Dampfes zu widerstehen, er muß endlich dauerhaft und nicht theuer sein. Dazu kommen noch bei Schiffen und Locomotiven andere Bedingungen, so daß die Herstellung guter Kessel eine schwierige Aufgabe ist.

Bei stehenden oder sognannten Landmaschinen ist die zur Erzeugung einer bestimmten Dampfmenge von gewisser Spannung oder Temperatur am Leichtesten zu bewerkstelligen; man kann einem solchen Kessel eine hin-

reichende Heiz- oder Feuerfläche, so wie einen guten Ofen geben, den Wärmeverlust möglichst verhindern, den Feuercanälen oder Zügen und den Essen die gehörigen Dimensionen geben und solche Einrichtungen treffen, daß man wohlfeile Brennmaterialien benutzen kann, und endlich muß das Wasser, aus welchem der Dampf erzeugt wird, das Speisewasser, schon mehr oder weniger warm in den Kessel gelangen.

Auf Schiffen sind diese Bedingungen schon weit schwieriger zu erfüllen, da die Kessel keinen bedeutenden Raum einnehmen und leicht sein müssen; auch kann man nur die besten Brennstoffsorten anwenden, und da ein solcher Kessel sehr stark benutzt wird, so hat er auch keine lange Dauer. — Noch schwieriger ist es, Locomotiv- oder überhaupt Kessel für transportable Maschinen herzustellen; beschränkter Raum, Leichtigkeit und Festigkeit sind hier Hauptbedingungen und der Kessel muß daher um so dauerhafter, besser und aus dem vorzüglichsten Material hergestellt werden, so daß Kessel dieser Art obendrein noch sehr theuer sind.

Bei der Betrachtung der Dampfkessel müssen Kessel und Oefen unterschieden werden; ferner unterscheidet man Nieder-, Mittel- und Hochdruck-Kessel, jenachdem sie bei den verschiedenen Arten von Dampfmaschinen gleicher Eintheilung benutzt werden. Erstere erzeugen niedrig gespannte Dämpfe, d. h. solche, die den atmosphärischen Druck nicht weit übersteigen; Mitteldruckkessel entwickeln Dämpfe von $1\frac{1}{4}$ bis 3, und Hochdruckkessel solche von 4 bis 8 Atmosphären Spannung, denn letztere Zahl macht die von der Praxis bis jetzt erreichte Grenze.

Man kann durch die Dampfkessel auch nur Heizung, Kochen oder Abdampfen bezwecken; allein diese Arten von Dampfkesseln lassen wir hier unberücksichtigt, indem wir es nur mit den Dampfmaschinenkesseln zu thun haben, in denen Dämpfe zum Betriebe der Maschinen erzeugt werden. Man theilt diese in feststehende oder stationäre und in transportable, d. h. solche,

die bei Schiffs-, Locomotiv- und Locomobil-Maschinen angewendet werden.

Da durch schlecht construirte, zu dünne und aus schlechtem Material angefertigte Kessel leicht Unglücksfälle herbeigeführt und das Eigenthum nachbarlichen Eigenthums gefährdet werden kann, so bestehen in den meisten Staaten gesetzliche Vorschriften und Bestimmungen über die Verfertigung der Kessel, ihr Material, ihre Stärke und Festigkeit ꝛc. Man findet die vorzüglicheren dieser Vorschriften in dem Hartmann'schen Handbuch über Dampfmaschinen, Bd. II, S. 522 ꝛc., 558 ꝛc. und 623 ꝛc., worauf wir verweisen.

Wir haben hier und an manchen andern Orten dieses Werkes ein treffliches Werk benutzt, dessen Titel folgender ist: Der Führer des Maschinisten. Anleitung zur Kenntniß, zur Wahl, zum Ankaufe, zur Aufstellung, Wartung, Instanderhaltung und Feuerung der Dampfmaschinen, Dampfkessel und Triebwerke. Ein Hand- und Hülfsbuch für Heizer, Dampfmaschinenwärter, angehende Mechaniker, Fabrikherrn und technische Behörden. Nach selbstständiger Erfahrung bearbeitet von E. F. Scholl. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit über 200 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Braunschweig 1852.

Die Kessel.

Das Material zu den Dampfkesseln ist im Allgemeinen Eisenblech, welches in die gehörige Form gebogen, zusammengenietet und endlich in den Fugen gestemmt wird. Gußeisen und Messing sind zu spröde und unsicher und Kupferblech ist zu theuer. Ist das Eisenblech von guter Beschaffenheit und nur solches kann zu Dampfkesseln bearbeitet werden, so gewähren diese bei vorschriftsmäßiger Fabrication, Aufstellung und Abwartung, auch alle Sicherheit.

Was nun die Form der Kessel betrifft, so gewährt die mit flachem Boden die größte Verdampfungs-

fähigkeit und es ist dieselbe daher stets dann die beste, wenn Niederdruckdämpfe erzeugt werden sollen. Fig. 16 ist der Querschnitt eines solchen Kessels; er ist nach dem Systeme von Watt, dem zweiten Erfinder und eigentlichen Begründer der Dampfmaschinen, so wie sie jetzt sind, den wir im nächsten Capitel näher kennen lernen werden, eingerichtet. Man nennt die Kessel dieser Art Wagen- oder Koffer-Kessel, weil sie Aehnlichkeit mit letzteren oder mit einem Packwagen haben. Der Boden ist nach Innen gebogen, weil man dadurch den Vortheil erlangt, daß erdige Theile, Schlamm und Kesselsteine sich nach den tieferen Seiten ablagern. Die Linie a, b bezeichnet den Wasserstand. Bei Watt'schen oder Condensations-Maschinen, bei denen der Dampf mit $1\frac{1}{2}$ bis 3 Pfd. auf den Quadratzoll drückt, sind solche Kessel sehr zweckmäßig.

Fig. 17 giebt die perspectivische Ansicht eines solchen Kessels, an welchem nicht allein der Boden, sondern auch die Seitenwände stark gekrümmt sind, wodurch an Heizoberfläche gewonnen und der Kessel gegen die Wirkungen des Luftdrucks geschützt wird. Erkaltet nämlich der Kessel, so entsteht durch die Verdichtung des Dampfes in demselben ein luftverdünnter Raum und der äußere Luftdruck würde die Kesselwände zusammendrücken, welches aber durch die Biegung vermindert und durch Anbringung eines Luftventils, welches sich von Außen nach Innen öffnet, gänzlich verhindert wird. — Der Kessel, Fig. 17 hat ferner ein rundes Rohr mit den Kopfplatten des Kessels vernietet; man kann aber auch ein viereckiges, wie die punctirten Linien andeuten, nehmen. Die unter dem Boden von Vorn nach Hinten strömende Flamme kommt mittelst des Rohrs von Hinten nach Vorn zurück und geht alsdann durch die beiden Seitenzüge nach der hinten liegenden Esse. Man verringert durch eine solche Röhre die stark auf den Kesselboden drückende Wassermasse und vergrößert die Heizoberfläche; allein dieser letzte Zweck wird nur unvollkommen erreicht, da nach eintägigem Gebrauch die untere

Fläche mit Ruß belegt ist und daher die untere Hälfte der Röhre 1, 2, gar nicht zur Heizfläche gerechnet werden kann; eine öftere Reinigung der Röhre ist daher nothwendig. Die Dampferzeugung in einem solchen Kessel ist daher verhältnißmäßig nicht vortheilhaft.

Eine zweite Hauptart der Kessel sind die in Fig. 18 dargestellten cylindrischen, welche sowohl bei Nieder- als auch bei Hochdruck angewendet werden können. Statt der kugelförmigen Köpfe wendet man auch nur wenig gebauchte an, da jene bei der Anfertigung mehr Schwierigkeiten haben. — Kessel dieser Art sind einfach und stark und gestatten eine gute Feuerung; sie werden daher sehr allgemein angewendet. Durch vergleichende Versuche und vieljährigen Gebrauch ist gezeigt, daß solche einfache, cylindrische Kessel mit einfachen Zügen, eben so haushälterisch vortheilhaft betrieben werden, als solche mit Siede- und Rauchröhren. Es ist aber nicht rathsam, sie weiter als 4 bis $4\frac{1}{4}$ Fuß zu machen, wenn sie Dämpfe von 3 bis 4 Atmosphären Spannung erzeugen sollen; denn bei diesem Durchmesser müssen die Platten des Bodens schon $\frac{1}{2}$ Zoll dick sein und dickere Bleche soll man nie anwenden. Die Länge beträgt das Fünf- bis Siebenfache des Durchmessers. Wenn unter solchen Verhältnissen ein Kessel nicht ausreicht, so wendet man zwei oder mehre an. Nach preußischen Gesetzen darf ein solcher Kessel durchgängig aus Blechen von 0,317 Zoll Stärke gefertigt werden.

So wie den in Fig. 17 abgebildeten Kofferkessel, so hat man auch die cylindrischen mit Feuer- oder Rauchröhren versehen, wie Fig. 19 zeigt, deren Gesammtquerschnitt so groß sein muß, wie der der Züge, so daß dem Zuge kein Hinderniß entgegenwirkt. Jedoch hat auch hier das weiter oben von diesen Röhren Gesagte seine Anwendung. Sie sind auch nur bei Niederdruck- und kaum bei Hochdruckkesseln anwendbar, da in dem letztern Falle mehrfache Schwierigkeiten obwalten. Auf die ähnlich eingerichteten Cornwalliser Kessel kommen wir zurück.

Eine andere Art von Kesseln sind die mit Siederöhren oder Siedern, die besonders zur Erzeugung von Hochdruckdämpfen geeignet sind; Fig. 20 ist ein Querdurchschnitt und Fig. 21 eine Längenansicht von einem solchen Kessel. A, der Kessel, B, B kurze Röhren oder Hälse, die zur Verbindung desselben mit den Siedern C dienen. Die Linie a, b bezeichnet den Wasserstand in A, woraus man ersieht, daß sowohl Sieder als Hälse stets mit Wasser gefüllt sind, und der entwickelte Dampf durch B in A und über a, b emporsteigen muß. Da die Sieder gänzlich vom Feuer umspielt sind und diese, wegen ihres geringen Durchmessers, der zwischen 12 bis 24 Zoll, gewöhnlich aber nur 16 bis 18 Zoll beträgt, so kann man dünnes Blech dazu nehmen und der Hauptkessel A leidet nicht so sehr, Reparaturen sind leicht und der Ofen läßt sich günstiger einrichten. Man läßt die Siederhälse etwas in den Kessel eintreten. — Zuweilen ist ein Kessel auch mit drei Siederröhren verbunden.

Die Schiffskessel haben wesentliche Eigenthümlichkeiten; sie bestehen mit dem Ofen nur aus Metall und nur zur Feuerbrücke werden Ziegelsteine verwendet; sie müssen ferner möglichst leicht sein, so tief als möglich im Schiffe liegen, müssen weniger Wasser enthalten, als die für stationäre Maschinen; sie müssen völlige Dampferzeugung und Gefahrlosigkeit haben, müssen auch geuau zu dem Schiffe passen. Ofen und Rost liegen in dem Kessel und wir betrachten diese Kessel daher weiter unten nach den Oefen. Ebendahin gehören die Kessel der Locomotiv- und Locomobil-Maschinen.

Die Oefen oder Feuerungen der Dampfkessel.

Diese sind für die Dampferzeugung von eben so großer Wichtigkeit als die Kessel selbst; denn nur durch die Entwickelung der größtmöglichen Hitze aus einer bestimmten Brennmaterialmenge und der Leitung der Hitze in der Art, daß sie gänzlich an das Wasser abgegeben

wird, ist es möglich, die größtmögliche Dampfmenge zu erzeugen, die dann in einem möglichst festen Behälter, dem Kessel, so lange aufbewahrt wird, bis sie ihre Triebkraft ausüben kann. Die Anlage recht zweckmäßiger und im Verhältniß zu dem gegebenen Brennmaterial und der zu erzeugenden Dampfmenge stehenden Oefen ist eine der schwierigsten Aufgaben des mit Aufstellung von Dampfmaschinen beauftragten Ingenieurs und es werden in dieser Beziehung noch fortwährend große Mißgriffe gemacht.

Die Bedingungen, welche eine gute Feuerung zu erfüllen hat, sind folgende *): 1) Es muß in dem Ofen soviel Brennmaterial verbrannt werden können, um nicht allein den zum Betrieb der Maschinen erforderlichen, sondern noch etwas mehr Dampf zu erzeugen. — 2) Der Zug muß so stark und lebhaft sein, daß das Brennmaterial bei der höchsten Temperatur verbrannt wird und den stärksten Nutzeffect giebt. — 3) Es muß das Brennmaterial vollständig verbrannt werden und darf daher so wenig als möglich oder gar keinen Rauch geben. — 4) Es müssen alle Puncte des Ofens, die durch Asche oder Ruß verstopft werden können, leicht zu reinigen sein. — 5) Die Ofenwände müssen hinreichend dick sein, um Abkühlung und Wärmeverlust zu vermeiden. — 6) Es müssen sichere und leicht zu handhabende Apparate zur Regulirung des Feuers und zur Abschließung der Feuerung vorhanden sein, wenn der Kesselbetrieb eingestellt werden soll.

Jede Dampfkesselfeuerung besteht aus drei Haupttheilen: aus dem Heerde oder Feuerraume, in welchem die Verbrennung Statt findet; aus den Canälen, welche die Verbrennungsproducte, als Flamme, Gase

*) Es sind dieselben in dem ersten Abschnitte von Hartmann's Handbuch der Dampfmaschinen, Bd. 1. S. 15 bis 253, nach dem „Guide du Chauffeur" von Grouvelle und Jaunez, sehr vollständig entwickelt, eben so auch von Herrn Scholl (a. a. O.) S. 46 ꝛc.

und Rauch, in die Esse oder den Schornstein führen, der sie in die Atmosphäre ableitet und die zur Verbrennung erforderliche atmosphärische Luft ansaugt.

Der Hauptheil des Heerdes ist der Rost, auf dem der Brennstoff ausgebreitet liegt und der aus massiven Stäben und Zwischenräumen zwischen denselben besteht, durch welche die frische kältere Luft, durch die wärmere in der Esse angezogen oder gesaugt, einströmt und vermöge ihres Sauerstoffgehaltes die Verbrennung unterhält. Der Rost muß daher eine hinreichende Oberfläche haben, um die erforderliche Brennmaterialmenge in einer nicht zu dicken Schicht aufnehmen zu können. Die Erfahrung hat gezeigt, daß es zweckmäßig sei, auf 1 Quadratfuß Oberfläche 12 Pfd. Backkohlen aufzuschütten, die in einer Stunde verbrennen. Dasselbe Quantum auf eine kleinere Oberfläche oder auf 1 Quadratfuß mehr als 12 Pfund zu schüren, würde eine zu dicke Schicht geben, durch welche die Luft nicht gehörig dringen könnte; auch kann sich alsdann, wenn der Kesselboden nicht außergewöhnlich hoch über dem Roste liegt, die Flamme nicht gehörig entwickeln und concentriren.

Bei Steinkohlen macht man die Rostspalten nicht breiter als $\frac{1}{2}$ Zoll, damit dieselben gehörig rein ausbrennen und nicht unverbrannt durchfallen können und giebt diesen Spalten $\frac{1}{4}$ von der ganzen Rostoberfläche, während $\frac{3}{4}$ derselben für die gußeisernen Stäbe bleiben und ein Stab dreimal so breit, als eine Spalte, d. h. $1\frac{1}{2}$ Zoll wird; man kann die Stäbe daher $4\frac{1}{2}$ Fuß lang machen. Bei Holz und Torf giebt man den Spalten nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{7}$ der ganzen Oberfläche. Jedenfalls ist es am Zweckmäßigsten, möglichst schmale Roststäbe anzuwenden, indem dann die brennende Masse vielmehr von der Luftströmung getroffen wird, als wenn sie auf breiten Stäben liegt; auch sind schmale Stäbe leichter und wohlfeiler und lassen sich eher auswechseln. Bei Holz reichen $\frac{1}{4}$zöllige Spalten aus und zu Torf sind breite Stäbe und Spalten am Zweckmäßigsten, denn der in großen und gewöhnlich auch festen Stücken eingeschürte

Torf fällt nicht leicht durch. — Erdige Braunkohlen, die weder mit der Hand noch mittelst einer Maschine in Steine gepreßt werden, werden am Zweckmäßigsten auf $\frac{1}{2}$ Zoll breiten Stäben mit $\frac{1}{8}$ Zoll breiten Spalten verbrannt; geformte, auf $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll breiten Stäben mit $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll breiten Spalten. Holzartige Braunkohlen, sogen. Lignit, werden auf denselben Rosten wie Holz verbrannt. — Gußeiserne Roststäbe verdienen vor den schmiedeeisernen ganz entschieden den Vorzug. — Die Form und Lage der Stäbe geht aus der Fig. 22 u. ff., welche Oefen und Kessel abbilden, hervor.

In letzterer Zeit hat man bei den Dampfkesselöfen noch vielfach Treppenroste angewendet, deren Neigung verstellbar ist, damit Brennmaterial von verschiedenem Korn benutzt werden kann. Diese Roste haben sich sehr bewährt, und es werden durch dieselben, abgesehen davon, daß die schlechtesten, klarsten Kohlen verwerthet werden können, durchschnittlich 30 Proc. gegen die horizontalen Roste erspart. Leider können wir keine gute Abbildung eines solchen Dampfkessels mit Treppenrost mittheilen.

Fig. 22 (so wie die folgenden von Scholl entlehnt) ist der Längendurchschnitt eines Kofferkessels (Fig. 16 u. 17) für eine Maschine von etwa 40 Pferdekräften in $\frac{1}{50}$ der natürlichen Größe. Das dazu verwendete Blech ist 4 Millimeter oder etwa $1\frac{3}{4}$ Linien stark. — a Rost, a', a', Rostbalken oder Träger, b Feuerpeatte, c Heizthür, d Gewölbe, e Feuerbrücke, f Aschenfall, g Zugcanal unter dem Kesselboden, g', g' senkrechte Canäle vor und hinter dem Kessel, g'' gemeinschaftlicher Canal für mehre Feuerungen, der zur Esse führt; ein leerer, überwölbter Raum, der nur zur Vermeidung eines massiveren Mauerwerks dient. Die auf dem Rost a entwickelte Flamme zieht durch den Canal g, unter dem Kessel durch nach dem hintern g', kommt längs einer Seite des Kessels nach Vorn zurück, zieht durch das vordere g' an dem vordern Kopfende nach der andern Seite des Kessels und strömt nach g''. Kurz vor

der Vereinigung des einen Längencanals mit g'' befindet sich eine Scheibe oder ein Register zum Reguliren des Zuges. i Dampfrohr zur Ableitung des Dampfes zur Maschine, k Speiserohr, mittels dessen der Kessel stets in der erforderlichen Höhe mit Wasser gefüllt erhalten wird, um das verdampfte Wasser zu ersetzen; k' zu der Speisevorrichtung gehöriger Schwimmer; l Mannloch mit dem Luftventil; m' n Schwimmer zum Erkennen des Wasserstandes; o Wasserstandsglas; p Sicherheitsventil; q Manometer.

Fig. 23 ist ein Längen- und Fig. 24 der Querdurchschnitt eines Ofens mit Siederkessel. A Kessel, B, B Sieder, C, C Verbindungshälse, D Mauer zur Abscheidung des untern Zuges, E, Rost, F, gußeiserne Träger unter den Siedern, G, Canal, durch welchen die Flamme und der Rauch nach Vorn strömen, um in die Seitenzüge H, H umzubiegen, aus denen sie in die Esse L abziehen; M Register; a, Dampfrohr; b, Speiserohr; c ein dem Maschinenwärter zugängliches und d demselben unzugängliches Sicherheitsventil; e. Allarmpfeife, welche ertönt, wenn der Wasserstand zu niedrig ist; f, Mannloch; g, Schieber an der Feuerbrücke, durch welchen das Hinzuströmen der Luft zu den auf der Feuerbrücke sich zusammendrängenden Gasen regulirt werden kann. Wird dieser Schieber zweckmäßig gehandhabt, so daß man dem Feuer nach dem jedesmaligen Schüren Luft zuführt, so verbrennen die Kohlen fast ganz rauchfrei, eine in Städten oft nothwendige Bedingung, weßhalb wir weiter unten darauf zurückkommen.

Fig. 25 giebt einen Quer- und Fig. 26 den Längendurchschnitt von der Ofeneinrichtung eines sogenannten Cornwalliser Kessels mit innerer Feuerung. Man machte diese Einrichtung zuerst bei den Wasserhebungsmaschinen in Cornwall, da man dort, wo Steinkohlen theuerer sind, als bei solchen Maschinen in Britannien, die dicht bei oder in der Nähe von Steinkohlengruben liegen, indem die Cornwalliser Gruben Kupfer- und Zinnerze produciren, sich genöthigt sah, von guten Stein-

kohlen den besten Effect zu erlangen. Man hat dieß Ziel erreicht, und müssen, unter gleichen Bedingungen, solche Kessel allen andern vorgezogen werden. Auch sind die dortigen ausgezeichneten Maschinen, die wir im nächsten Capitel näher kennen lernen werden, so eingerichtet, daß jeder Wärmeverlust zu vermeiden gesucht wird; kurz man sucht mit dem bestimmten Kohlenbedarf die größte Wassermenge zu heben.

a ist der cylindrische Kessel von $6\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser und 32 Fuß Länge, in welchem von Vorn bis nach Hinten ein 4 Fuß weites Feuerrohr b geht und an dem vordern und hintern Kopfe des Kessels angenietet ist. In diesem Feuerrohre liegt ein 15 Zoll weites Rohr c, welches durch den senkrechten Hals d mit b und a verbunden ist; e ist der 6 Fuß lange Rost, der die Breite des Rohrs hat und auf jeden Fuß Länge 1 Zoll geneigt ist; f Heizthür; g Mannloch; h eine 6 Zoll hohe Schicht von Sägespänen, i eine 9 Zoll hohe Schicht von Erde und Sand. Der Verbindungshals d muß bis oben an b reichen und es müssen überhaupt drei solcher Röhren nach Oben und zwei bis drei nach Unten gehen, weil sonst die Dampfentwickelung vorn in c so stark wird, daß gar kein Wasser mehr an die Platten kommt und dieselben daher nöthiger Weise verbrennen müssen. — Ein solcher cylindrischer Kessel wird außerhalb durch die heißen Gase erhitzt, hat im Innern ein Feuerrohr b mit einem Rost e und ein Seitenrohr c. Die Flamme strömt vom Rost durch b bis zum hintern Ende des Kessels, geht dann nieder nach m und unter dem Kessel a nach Vorn und dann durch die beiden Seitencanäle nach dem gemeinschaftlichen Fuchs und der 60 Fuß hohen Esse. Gewöhnlich liegen zwei bis drei solcher Kessel zusammen und in ihrem gemeinschaftlichen Fuchs liegt eine, stets voll Wasser gehaltene Röhre, in welcher dasselbe vorgewärmt, ehe der Kessel damit gespeis't wird. — Die Dicke der Kohlenlage auf dem Roste beträgt 6 bis 7 Zoll und man verdampft mit 6 Pfd. derselben 1 engl. Cubikfuß Wasser. Das Blech

ist da, wo es dem Feuer ausgesetzt ist, $\frac{9}{16}$ und übrigens $\frac{3}{8}$ Zoll stark. Der Dampfdruck beträgt $2\frac{2}{3}$ bis $3\frac{1}{3}$ Atmosphäre, d. h. 40 bis 50 Pfd auf den Quadratzoll.

Zu den Kesseln mit innerer Feuerung gehören auch, wie schon oben bemerkt, die Schiffskessel. Die Niederdruckkessel sind den Wagenkesseln ähnlich und haben außer der innern Feuerung länglich-viereckige Canäle, die in dem Kessel hin und hergehen und in die gemeinschaftliche Esse münden. — Die Fig. 27 bis 29 stellen einen solchen Kessel dar, deren jeder eine Maschine von 60 Pferdekräften betreibt, so daß ein mit zwei solchen Kesseln und Maschinen versehenes Schiff 120 Pferdekräfte hat.

Fig. 27 ist ein Längendurchschnitt des in den Figuren 28 und 29 punctirt dargestellten Kessels; Fig. 28 ein Querdurchschnitt von a, durch die vordere Hälfte des Rostes genommen; Fig. 29 Grundriß und Durchschnitt durch eine Ebene über dem Rost und der Feuerbrücke. — a der linke und b der rechte Kessel. beide 17 Fuß lang, 7 Fuß breit und 7 Fuß hoch; c und d die beiden Oefen eines Kessels, e aus feuerfesten Ziegelsteinen bestehende Feuerbrücke; f Canäle, welche durch die schmalen Wasserwände g g von einander getrennt sind. Die Flamme strömt in der Richtung der Pfeile durch dieselben und bei h in die, in Fig. 29 punctirt im Grundriß dargestellte Esse p, die sich in der Mitte zwischen beiden Kesseln erhebt; i, i, die geneigten Roste mit zwei langen gußeisernen Roststäben; k, k Aschenfälle, l, Dampfbehälter oder Raum; m, Dampfröhre, welche nach der Maschine geht; n, Mannloch; o, Ausblaserohr, durch welches der Dampf ausströmt, während das Schiff still steht. — Ein Haupterforderniß der Schiffskessel ist die leichte Reinigung der Canäle, die durch einen hindurchkriechenden Knaben bewirkt wird, weßhalb sie nicht zu eng sein dürfen.

Die große Wirksamkeit der Locomotivkessel, die wir weiter unten bei der speciellen Beschreibung dieser Maschinen näher kennen lernen werden, hat die Auf-

merksamkeit der Maschinenbauer auf solche Kessel mit innerer Feuerung und mit Feuer- oder Rauchröhren gezogen und hat sie veranlaßt, eine ähnliche Construction auch bei stationären und Schiffsmaschinen anzuwenden, zumal wenn es sich um leicht aufstellbare, wenig Platz einnehmende und Hochdruckdampf entwickelnde Kessel handelt.

Fig. 30 ist ein Längen- und Fig. 31 ein Querdurchschnitt von einem solchen, von dem Engländer Gordon erfundenen Röhrenkessel mit innerer Feuerung für eine stationäre Maschine. Es ist dazu gar kein Ofen erforderlich, und kann er sofort betrieben werden, sobald er einerseits mit der Maschine und andererseits mit einer Esse in Verbindung gesetzt worden ist. Sie haben doppelte Oefen, die abwechselnd gefeuert werden; d, ist die Feuerthür; f, f, der Heerd oder Ofen; e, e, sind die Roststäbe; g, Feuerthür, a, a Röhren, c, die Röhre, durch welche der Schlammniederschlag und der Kesselstein aus dem Kessel entfernt wird, h, das Mannloch; m, m Stehbolzen zur Verstärkung und Befestigung des Kessels in sich selbst, h, h Füße, auf denen der Kessel steht.

Ein Röhrenkessel für ein Dampfschiff ist in Fig. 32 im senkrechten Durchschnitt dargestellt; ein solcher ist besonders zur Erzeugung von Hochdruckdämpfen anwendbar; h ist die Feuerthür, b, b sind die Roststäbe, f, f die Feuer- oder Rauchröhren, welche durch den Kessel zu dem Fuchs g führen.

Ein höchst wichtiger Theil der Dampfkesselöfen ist die Esse oder der Schornstein und es sind dabei hauptsächlich der Querschnitt, d. h. die lichte Oeffnung, die Höhe und das Material zu berücksichtigen.

Der Querdurchschnitt der Esse muß gleich der Summe von den Zügen eines oder mehrer Kessel sein, deren Verbrennungsproducte sie abführen soll. Die beste Form des Querschnitts ist die runde, allein sie ist nur passend für blecherne, gußeiserne und Essen, die aus besonders geformten Ziegelsteinen aufgeführt werden; hat man

aber nur gewöhnliche Ziegelsteine, so muß der Querdurchschnitt ein Quadrat sein. Da nun die meisten Essen unten weiter als oben sind, so müssen sie oben die aus der Rechnung sich ergebende Weite haben nnd unten weiter sein. Es ist dieß weniger bei den steinernen als bei den eisernen Essen der Fall, denn diesen giebt man unten einen größern Durchmesser, um ihre Festigkeit und Stabilität zu erhöhen, wogegen man jenen eine größere Wandstärke geben kann.

Bei eisernen Essen giebt man dem Durchmesser eine Zunahme von $\frac{1}{8}$ Zoll auf den laufenden Fuß, so daß, wenn eine 50 Fuß hohe Esse oben 12 Zoll Durchmesser hat, derselbe unten $12 + \frac{50 \times 1}{8} = 18\frac{1}{4}$ Zoll ist. Eine solche Esse hat oben eine Blechdicke von $\frac{1}{8}$ und unten von $\frac{3}{16}$ Zoll. Es wird aber bei diesen Dimensionen eine Kettenbefestigung vorausgesetzt, ohne welche die Zunahme des Durchmessers nach Unten weit bedeutender sein muß; es ist daher eine solche Befestigung fast nothwendig, veranlaßt auch eine weit größere Stabilität.

Die Höhe der Essen darf nicht unter 60 Fuß betragen, sie muß mit der Größe oder Kraft der Maschine bis 120 Fuß steigen. Hohe Essen haben gegen niedrige den großen Vorzug, daß sie bei gehöriger und verhältnißmäßiger Weite einen bedeutenden Zug veranlassen, Rauch und Ruß besser abführen, daß das Brennmaterial besser benutzt und im Ofen eine höhere Temperatur hervorgebracht werden kann, wodurch auch eine bessere Rauchverbrennung veranlaßt wird, die jetzt bei allen Dampfkesselanlagen eine wesentliche Bedingung ist, da sie in vielen Staaten sogar gesetzlich vorgeschrieben ist, wenigstens bei neuen Anlagen. Eine starke Rauchentwickelung ist auch eine große Plage für die ganze Nachbarschaft einer Dampfmaschinenanlage und giebt, besonders in Städten, zu Entschädigungsklagen Veranlassung. Die durch hohe Schornsteine veranlaßten höhern Anlagekosten werden durch die erwähnten Betriebsersparnisse hinlänglich gedeckt.

Was nun die Materialien zum Essenbau betrifft, so werden von Bruch- und Quader- oder behauenen Steinen nur Sandstein und an einigen Orten, z. B. am Rhein, auch einige vulkanische Gesteine dazu benutzt, jedoch ist die Anwendung von Ziegelsteinen weit häufiger; es dürfen jedoch nur hartgebrannte Steine und nie weiche dazu genommen werden.

In Fig. 33 ist der Durchschnitt einer Esse in Ziegelsteinmauerung dargestellt; A Fundament, auf einem Pfahlrost B; C Einmündung des Fuchses oder Feuercanals; D gußeiserne Kappe mit Gesimms. Die Absätze im Innern sind sowohl wegen Materialersparung als auch wegen Verminderung der Reibung der heißen Gase angebracht.

Eisenblecherne Essen, denn ein anderes Metall wird wohl kaum dazu angewendet, haben den Vortheil einer leichteren und wohlfeileren Construction, dagegen aber den Nachtheil, daß die Verbrennungsproducte in ihnen leicht abgekühlt werden, und daß sie minder dauerhaft als die steinernen sind, da sie nur durch einen guten Farben- oder Theeranstrich gegen die Einflüsse des Wetters geschützt werden können. Jedoch wählt man sie oft, besonders da, wo gute Steine theuer, Platten aber wohlfeil aus der Nähe zu beziehen sind, oder wo der Baugrund so schlecht ist, daß man es nicht wagen darf, eine schwere steinerne Esse darauf zu stellen.

Fig. 34 ist die Abbildung einer blechernen Esse, so wie die vorhergehende von Scholl entlehnt: A Fundament aus Ziegelsteinen auf festem Boden; unten sind vier starke gußeiserne Platten von 15 Zoll im Quadrat eingelassen, durch dieselben die Ankerbolzen a a von 16 Fuß Länge und $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke gesteckt und unten durch Spliethe gehalten; sie gehen in 3 Zoll weiten Canälen durch das ganze Mauerwerk und halten oben mittelst starker Mutterschrauben die Platte B, mit der die blecherne Röhre C verschraubt ist. Den obern Theil des Fundaments bildet ein Steinblock von 42 Zoll im Quadrat und 20 Zoll Höhe, in welchem die lichte Essenweite

ausgearbeitet ist. b, b Reinigungsthüren. Die Länge des blechernen Theils der Esse beträgt 57 Fuß, ihr unterer Durchmesser 16 und ihr oberer 12 Zoll; sie wiegt etwa 20 Centner. Man kann die eisernen Essen ohne Nachtheil bis 120, selbst 150 Fuß hoch machen. D, D sind 2 Linien starke Drahtketten zum Schutz gegen die meisten herrschenden Winde. E Rolle, über welche eine Kette ohne Ende läuft und mittelst welcher ein Arbeiter aufgezogen wird, um die Röhre anzustreichen, welches jährlich wiederholt werden muß.

An der Wand eines Gebäudes aufgerichtete eiserne Essen können überall gleichen Durchmesser haben; man setzt sie auf ein gutes Fundament und befestigt sie mit halsbandartigen Klammern an der Wand. — Ein anderes zweckmäßiges Befestigungsverfahren, namentlich großer Essen, besteht darin, daß man vier Ketten oben befestigt, schraubenförmig fest um die Esse etwa $1\frac{1}{4}$ mal der ganzen Höhe nach umwindet und die unteren Kettenenden mit den Fundamentschrauben straff verbindet. Die Fundamentschrauben müssen dabei noch 2 bis 3 F. vom Mantel abstehen. Es empfiehlt sich diese Befestigungsart besonders da, wo der Raum durch die Ketten nicht versperrt werden darf und wo nur das Fundament Befestigungspuncte gewährt. — Eiserne Schornsteine müssen zu gewissen Perioden gereinigt werden, damit der Ruß nicht anbrenne, welcher dann herausgeschleudert wird und Feuersgefahr veranlassen kann.

Außer Essen wendet man zur Erlangung des zur Verbrennung erforderlichen Zuges auch Ventilatoren und Exhaustoren an. Erstere treiben verdichtete Luft unter den Rost und die Esse dient nur zur Abführung des Rauches; die letzteren stehen unter der Esse und saugen die Luft an. Man wendet jedoch beide Vorrichtungen nur selten an, weßhalb wir sie hier nur erwähnen. Das Ausblasen des gebrauchten Dampfes der Maschinen, als Zugbeförderungsmittel, findet bei den Locomotiven allgemeine Anwendung und werden wir dort darauf zurückkommen.

In England und in Frankreich gelten gesetzliche Vorschriften über Rauchverbrennung, wonach die Eigenthümer von Dampfkesselöfen verpflichtet sind, Mittel anzuwenden, um das Abziehen von undurchsichtigem Rauch aus den Essen zu verhüten. Wenn wir nun auch in Deutschland noch keine directen Gesetze der Art haben, so können sich doch die Nachbarn einer Dampfmaschine, deren Esse viel Rauch entwickelt, über Benachtheiligung oder Gefährdung ihres Eigenthums beklagen; besonders betrifft dieß überall die Städte.

Ein wesentliches Mittel, um eine bessere Verbrennung zu bewirken, so daß sich, was besonders bei Steinkohlen zu berücksichtigen ist, weniger Ruß und Rauch bilden, besteht in der Vergrößerung des Rostes, der, um zum Ziele zu gelangen, im Verhältniß zu den gewöhnlichen Regeln, um 4 bis 6 Quadratzoll um jeden Quadratfuß vergrößert werden muß, wobei die Stärke des Zuges und die Beschaffenheit der Steinkohlen maßgebend sind.

Ebenso hat sich auch die Methode, die Luft durch zahlreiche kleine Oeffnungen einströmen zu lassen, practisch bewährt; jedoch dürfen nicht mehr Lufttheilchen eintreten, als zur fortwährenden Vereinigung mit den Gastheilchen und zu ihrer Verbrennung erforderlich sind, wobei alsdann aller Rauch verbrannt wird. Strömt hingegen die Luft, sei es in Masse oder zertheilt, in größerer Menge ein, als sie die Gase vor Abnahme ihrer Temperatur verzehren können, so ist die nothwendige Folge eine Abkühlung, daher Rauchbildung entsteht und das Brennmaterial unnütz verbrannt wird.

Eine sehr einfache Vorrichtung ist in den Figg. 35 und 36 dargestellt, welche einen Längen- und einen Querdurchschnitt von einem Kesselofen geben; sie rührt von dem Maschinenbauer Scott in Rouen her. Sie hat ebenfalls den Zweck, so viel atmosphärische Luft in den Ofen einzuführen, daß der Sauerstoff derselben eine vollständige Verbrennung des sich aus den Steinkohlen entwickelnden Wasser- und Kohlenstoffes zu bewirken im

Stande ist, weil sonst diese Gase in die Esse gelangen und sich in derselben als Ruß und Rauch verdichten.

Um dieß nun zu verhindern, bringt Herr Scott am Fuße der Hinterwand a des Aschenkastens zwei Oeffnungen b, b an, die sich in der Feuerbrücke d der Breite nach verengern, der Länge nach aber erweitern, so daß sie oben auf der Feuerbrücke, die mit einer gußeisernen Platte e bedeckt ist, einen langen und schmalen Spalt c bilden. — Die durch die Oeffnungen b, b einströmende Luft dehnt sich in dem Mauerwerk aus, entzündet die vom Rost wegströmenden Gase und verbrennt sie, so daß der Rauch verbrannt und Brennmaterial erspart wird. Zweckmäßiger ist es, dem Spalt eine schräge Richtung zu geben, so daß er hinter der Feuerbrücke ausmündet, weil alsdann die Sieder nicht so angegriffen werden.

Prideaux wendet zur Rauchverzehrung eine Ofenthür mit parallelen Platten, d. h. eine Doppelthür, an und die Luft strömt durch eine Reihe von Löchern in der innern Platte in den Ofen. Man erreicht dadurch eine Erwärmung der Luft, ihre Zertheilung in dünne Strahlen, und daß die äußere Oberfläche der Ofenthür verhältnißmäßig kalt bleibt, folglich die Wärme nicht unnütz auswärts strahlt, daher auch der Heizer nicht belästigt wird.

Eine andere Einrichtung, von Lee Stevens in London herrührend, kann durch Fig. 32 verdeutlicht werden. b, b ist der erste und a ein zweiter Rost, c die Wärmeplatte, vorn mit feuerfesten Steinen versehen, d die Feuerbrücke, e der Canal über derselben, l die Richtung des Luftzuges. Die Vorrichtung ist hierauf einen Schiffskessel angewendet. Der untere Rost a wird durch die Schlacken und Einders gespeis't, die von dem obersten Rost b abfallen Auf diese Weise strömt die Luft durch zwei Brennmaterialschichten und zwischen der Wärmeplatte und der Brücke durch, so daß sie so erhitzt wird, um eine vollständige Verbrennung bewirken zu können.

Die Kessel mit Doppelöfen und doppeltem Feuerzug, nach den Systemen von Galloway, Rose, Mac

Gavin u. A. liefern sehr genügende Resultate; die Oeffnungen für den Luftzutritt betragen bei denselben 1 Quadratzoll für jeden Quadratfuß Rostfläche. Es ist aber zweckmäßiger, die Luft durch Löcher in der Ofenthür einströmen zu lassen, als unmittelbar hinter der Ofenbrücke, besonders wenn sie vorher nicht erwärmt werden kann, wie bei der mit Hülfe von Fig. 32 erklärten Vorrichtung. Abwechselndes Nachheizen, ein großer Kesselraum und guter Zug sind bei diesem Systeme die wesentlichen Bedingungen des besten Erfolgs. Man findet solche Oefen in Manchester vielfach im Gebrauch.

Von den mechanischen Heizmethoden werden die von Juckes, Hazeldine, Hall u. A. ganz besonders mit Erfolg angewendet; das gemeinschaftliche Princip derselben ist die ununterbrochene Schürung an der Vorderseite der Feuerung mittelst sich bewegender Stäbe, welche die Kohlen vorwärts schieben. Die Luft strömt nur von Unten und zwischen den stets mit Kohlen bedeckten Stäben zu. Diese Apparate veranlassen bedeutende Anlagekosten und kommen leicht in Unordnung, allein sie veranlassen eine fast vollkommene Verbrennung und eine wesentliche Brennmaterialersparung, während die Temperatur in den Kesselöfen eine sehr gleichförmige ist. Es werden solche mechanische Heizmethoden daher besonders bei den größern Maschinen häufig angewendet, wogegen bei kleinern und auf Schiffen die Methoden, die Luft durch mehr oder weniger kleine Oeffnungen einströmen zu lassen, die zweckmäßigsten sind.

Die Rauchverbrennung ist, obgleich seit langer Zeit versucht, dennoch erst in ihrer Entwickelung begriffen und es sind darüber so viele Versuche gemacht, daß von einer gehörigen Prüfung der verschiedenen noch gar nicht die Rede sein konnte.

Ehe wir die Dampfkesselöfen verlassen, müssen wir noch bemerken, daß auf Eisenhütten viele Kessel durch die sonst unbenutzt entweichende Flamme, oder vielmehr durch die brennbaren Gase der Vercoakungsöfen, Hochöfen, Puddel- und Schweißöfen gefeuert werden. Die

Gase werden daher unmittelbar oder mittelbar unter die Kessel geführt und dort mit atmosphärischer Luft verbrannt; bedeutend hoher Essen bedarf man dazu nicht. Daß durch Einrichtungen dieser Art eine bedeutende Brennmaterialmenge erspart wird, ist ganz augenscheinlich; jedoch liegt es außer dem Plane dieses Werkchens, nur einige derselben mit Abbildungen zu beschreiben.

Wir haben nun zuvörderst noch von einigen Theilen der Kesselmontirung zu reden:

Das Dampfrohr oder die Dampfröhre geht vom Deckel des Kessels, dem Dom, aus und ist verhältnißmäßig weit. Am Zweckmäßigsten wird es da am Deckel angesetzt, wo unter dem Boden die Feuerung sich befindet, indem dort der Dampf am Stärksten wallt. Die Röhren müssen vom Kessel auf senkrecht aufsteigen, damit der aus demselben ausströmende Dampf nicht mit Wassertröpfchen vermengt sein kann, indem ein solcher den Gang der Maschine erschwert. Liegt der Kessel im Verhältniß zur Maschine nicht so tief, daß die Dampfröhre nur ansteigen kann, so muß man sie wieder abwärts führen oder vom Deckel gekrümmt aufwärts, damit kein Wasser zur Maschine gelange; stets muß man dahin sehen, daß das Dampfrohr nach der Maschine zu ansteige. Das Aufwallen und Sieden, so wie das Fortreißen von dem Wasser im Kessel, erfolgt besonders dann stark, wenn das Absperrventil in der Dampfröhre plötzlich und gänzlich geöffnet, oder das Sicherheitsventil plötzlich gelüftet wird.

Die Speiseröhre, wodurch das zu verdampfende Wasser dem Kessel zugeführt wird, soll am Zweckmäßigsten von der vom Feuer entlegensten Stelle des Kessels ausgehen, und in demselben bis 6 Zoll vom Boden entfernt reichen. Bei Niederdruckmaschinen hat diese Speiseröhre sehr häufig die in Fig. 37 dargestellte Einrichtung; a ist ein Behälter, dem durch die Röhre b Condensations- und anderes Wasser zugeführt wird. Die untere Oeffnung der nach den Kessel führenden Röhre kann durch ein Kugelventil c verschlossen und geöffnet werden, in-

dem dieses, an dem Hebel d aufgehängt, von demselben auf- und niederbewegt wird. d dreht sich um den Zapfen, der in der Stütze c ruht. Bei f geht ein Kupferdraht durch eine Stopfbüchse g im Kesseldeckel zu dem Schwimmstein f', der etwas über die Hälfte in's Wasser taucht; die Größe dieses Eintauchens wird durch das Gewicht h regulirt. Sinkt nun der Wasserstand im Kessel, so sinkt der Schwimmer f mit; der lange Arm des Hebels d mit dem Gewicht h und dem Ventil e wird gehoben und es kann nun durch die Speiseröhre so viel Wasser in den Kessel fließen, als zur Herstellung des normalmäßigen Wasserstandes erforderlich ist. Auf das Steigen und Fallen des Schwimmers kommen wir weiter unten zurück. Gelangt durch die Röhre b zu viel Wasser in den Kasten a; so kann es durch die höher angebrachte Röhre i wieder abfließen. Die Speisung des Kessels erfolgt, sobald stets Wasser in a enthalten ist, immer regelmäßig. Man hat übrigens sehr verschiedenartig eingerichtete Speiseapparate für Niederdruckkessel.

Für Hochdruckkessel wäre eine Speisung wie die obige nicht thunlich, weil alsdann die Röhre wenigstens 100 Fuß hoch sein müßte; sie kann daher in den gewöhnlichen Fällen nicht selbstwirkend sein, sondern sie muß von dem Maschinenwärter in Thätigkeit gesetzt werden, sobald der Wasserstand so gesunken, daß Wasser eingeführt werden muß. Da, wo die Speiseröhre in den Kessel eintritt, muß sie, wie Fig. 38 zeigt, mit einem Ventil versehen sein. Die das Wasser herbeiführende und mit der Speisepumpe in Verbindung stehende Röhre ist mit der Flantsche q verbunden. r ist das Ventil, s der Deckel mit der Stellschraube s', mit der man die Hubhöhe des Ventils bestimmen kann. t Füllröhre, welche in den Kessel geht, wegen der Reinigung gerade sein muß und nicht gebogen sein darf und mittelst der Flantsche t' auf den Kessel festgeschraubt werden muß. Eine Einrichtung dieser Art ist sehr zweckmäßig und empfehlenswerth. — Hochdruckkessel sind gewöhnlich mit einem Vorwärmer versehen, um das Wasser mit einer

Temperatur von 80 bis 100° C. in den Kessel drücken zu können. Wir kommen bei der Beschreibung der einzelnen Theile der Dampfmaschinen auf die Vorwärmer zurück und bemerken hier nur, daß man die Speiseröhre zuweilen in einen Zugcanal legt, um auf diese Weise ein Vorwärmen des Wassers zu bewirken

Um den Wasserstand im Kessel und das Bedürfniß der Speisung erkennen zu können, wendet man verschiedene Apparate an, von denen hier die zweckmäßigsten mit Scholl'schen Abbildungen erklärt werden sollen. Man muß wenigstens zwei dieser Apparate an einem Kessel anbringen, damit um so größere Sicherheit vorhanden sei, wenn der eine auf irgend eine Weise unwirksam geworden ist.

Fig. 39 ist die Längenansicht eines Schwimmers von zweckmäßiger Einrichtung, der auf der Speisedruckröhre angebracht ist: m Zuleitungsröhre, m' Ventilkasten, m'' Kesselfüllröhre; a gabelförmiges Stühlchen, zugleich als Deckel dienend und auf der Speiseröhre aufgeschraubt. In demselben dreht sich, der leichten Beweglichkeit wegen, um Stahlspitzen der Balken A, dessen beide Enden aus Kreissegmenten bestehen; in seiner Mitte ist eine Stahlnuß mit conischen Vertiefungen für die Spitzen eingesetzt und diese sind mit Schraubengewinden versehen und werden durch Gegenmuttern festgestellt. Die Segmentbogen haben eine Nuth, in die sich ein Kettchen legt, an dem auf der einen Seite ein Gegengewicht D und auf der andern der kupferne Draht hängt, welcher den Schwimmerstein C trägt und der durch die Stopfbüchse B geht; die ganze Einrichtung wird durch die Figur deutlich.

Der Schwimmerstein muß zur Hälfte in das Wasser eintauchen, weßhalb, wenn x, y der normale Wasserstand ist, das Gewicht D so eingerichtet wird, daß C zur Hälfte in's Wasser kommt. Er bewegt sich nun mit dem steigenden oder fallenden Wasserstande, den man entweder nur aus dem Stande des Balkens A oder durch den Maßstab E erkennt, der vor dem einen und dann mit einem Zeiger versehenen Segment angebracht ist. — Man kann mit dem

Schwimmer auch eine Alarmvorrichtung, z. B. eine Dampfpfeife, verbinden, die wir bei den Locomotiven näher kennen lernen werden. — Bei Schiffskesseln können die oben beschriebenen Schwimmer nicht angewendet werden, sondern man bedient sich dazu Hohlkugeln.

Probehähne sind neuerlich als unsicher verworfen worden, jedoch bestehen sie noch an vielen Kesseln; man bringt drei nebeneinander an und erkennt, jenachdem sie Wasser oder Dampf geben, den Stand von jenem.

Die Wasserstandszeiger oder Wasserstandsgläser machen die sichersten Angaben. Fig. 40 zeigt eine gewöhnliche Einrichtung desselben (nach Scholl) im senkrechten Durchschnitte. A Glasröhre von 3 bis 6 Linien lichtem Durchmesser, 2 Linien Wandstärke und etwa 7 Zoll Länge; sie ist in die Büchsen der Hahnenstücke B und C von Oben durch C geschoben und steht in B auf einem Rande fest auf. Mittels der Ueberwurfschrauben D, D und zwischengelegten Pappdeckelscheiben, die fest auf A geschoben werden, sind A, B und C dampfdicht verbunden. E, E Schrauben zum Verschließen der Oeffnungen, die hauptsächlich zum Reinigen der Glasröhren dienen. F, F Lilien der Hahnstücke, G, G Hebel daran, die durch eine Stange H verbunden sind, so daß ein Hahn nicht ohne den andern bewegt werden kann. Da sich die Lilien um ¼ Kreis bewegen, um die offenen Hähne zu schließen, so darf man nur die Stange H so weit herunterrücken, daß sie in die punctirte Stellung kommt, um Dampf und Wasser sofort abzusperren; in jeder Stellung sind die Hebel 45° von der horizontalen entfernt. B und C sind am Kessel dadurch befestigt, daß die Scheiben I, I mittelst einer vorgelegten Pappscheibe oder eines Hanffadens mit Oelkitt an die Kesselwand gedrückt werden, wozu Muttern mit Vorlegscheiben im Innern des Kessels dienen. Auch unter diese Scheiben ist Hanf und Oelkitt gelegt worden.

Das Sicherheitsventil, welches wir nun beschreiben wollen, ist der einzige wesentliche Sicherheits-

apparat, da die sogenannten schmelzbaren Platten, welche aus einem leichtflüssigen Metall bestehen, welches bei einem übermäßigen Dampfdruck schmelzen kann, so viel Nachtheile haben, daß man sie gänzlich verwerfen muß. Fig. 41 zeigt den senkrechten Durchschnitt eines solchen Ventils mit dem dazu gehörigen Hebel, nach der gewöhnlichen Einrichtung. A Ventil, B Ventilsitz, beide aus Bronze; C gußeißerne Verlängerung des letztern, welche auf den Kessel aufgeschraubt wird. Der Hebel E, F, so wie alle andern Theile bestehen, aus Schmiedeeisen oder Stahl. Das Ventil hat drei Leitarme, welche sich in der Achse des Ventils schneiden und deren Enden die innere cylindrische Fläche des Ventilsitzes berühren. Die Fläche von B ist ausgedreht, die Leitarme oder Flügel sind aber so abgedreht, daß nur ein kleiner Spielraum zwischen den gleitenden Flächen bleibt. Die untere Seite des Ventils ist ein Wenig concav; das obere Ende des Ventils ist erweitert, dagegen sind die Leitflügel dort dünner gedreht; die untere Fläche des Ventils ist auf den Sitz aufgeschliffen, so daß es sich auf den letztern nie festsetzen kann und, sobald es gehoben wird, dem Dampfe den größten Ausweg darbietet. Der ebenfalls abgedrehte Zapfen D läuft in eine gerundete Spitze aus und auf dieser ruht der Hebel E, F. Dieser dreht sich um einen Stift F, dessen Achse genau in der Verlängerung der den obersten Theil des Ventils berührenden Fläche des Hebels liegen muß; derselbe wird durch die Gabel G geführt und ein Vorsprung am Ende E verhindert das Abgleiten des daran aufgehängten Gewichts.

Wird nun der Dampfdruck im Kessel, welcher hier auf das Ventil und zwar für den lichten Durchmesser der Erweiterung im Sitz B wirkt, stärker, als die vermittelst des Hebels bewerkstelligte äußere Belastung des Ventils; so wird dasselbe durch den Dampf gehoben und dieser bekommt dadurch einen Ausweg, so daß die Dampfspannung nicht mehr zunehmen und dem Kessel nicht gefährlich werden kann. — Das Ventil muß die erforderliche und gesetzliche Größe haben und mit einem bestimm-

ten Gewichte belastet sein, welches unter keinen Umständen vergrößert werden darf. Da aber dieses dem Maschinenwärter dennoch möglich ist, und er es oft im Interesse findet, stärkern Dampf zu entwickeln, so giebt es in vielen Ländern Verordnungen, wonach an jedem Kessel zwei Sicherheitsventile angebracht sein müssen, von denen eins dem Maschinisten unzugänglich ist. Solche Ventile haben eine besondere Einrichtung, so wie es denn überhaupt mehrfache Einrichtungen dieser wichtigen Apparate giebt, die hier zu beschreiben nicht Zweck sein kann; eine besondere Art werden wir noch bei den Locomotiven kennen lernen.

Endlich muß auch jeder Dampfkessel mit einer, durch einen Zapfen verschlossenen Oeffnung versehen sein, mittelst welcher das im Kessel befindliche Wasser ganz oder theilweis abgelassen werden kann; Ersteres, um den Kessel zu reinigen, Letzteres, um einen Theil des Wassers, der den meisten Schmutz oder Schlamm enthält, zu entfernen. Weil bei Letzterm immer der Dampf noch wirksam ist und heißes Wasser ausgetrieben wird, so nennt man es abblasen.

Drittes Capitel.

Die Dampfmaschinen Watt's und einiger Anderen.

Nachdem wir nun im ersten Capitel die Geschichte der Dampfmaschinen bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts und im zweiten die Kessel oder Generatoren kennen gelernt haben, in welchen die zum Betriebe der Dampfmaschinen erforderlichen Dämpfe erzeugt werden, wenden wir uns nunmehr zu der Betrachtung dieser Maschine und ihres Mechanismus seit James Watt, dem zweiten Erfinder und Begründer der jetzigen Dampfmaschinen. Wir geben daher eine kurze Uebersicht der Entwickelungsgeschichte oder Dampfmaschinen von Watt und mehrer anderer Mechaniker.

James Watt wurde 1736 zu Greenock am Clyde, einer kleinen schottischen Stadt, von unbemittelten Eltern geboren; er war von schwächlicher Körperbeschaffenheit und dieß, so wie wenig hervorragende Talente veranlaßten seine Eltern, ihn im 16. Jahre zu einem Mechanicus zu Glasgow in die Lehre zu bringen, zu einem

Manne, der Geigen, Klaviere, mathematische und optische Instrumente ꝛc. reparirte. Nach einer zweijährigen Lehrzeit ging unser James nach London und erhielt bei einem sogenannten mathematischen Instrumentmacher Arbeit, kehrte aber nach einem Jahre krank nach Greenock zurück, arbeitete dort und in Glasgow; allein, da er kein Bürger dieser Stadt war, so konnte er sich nur unter der Bedingung in derselben aufhalten, daß er Diener des Collegiums oder der Universität wurde, indem er die mathematischen und physikalischen Instrumente derselben in Ordnung erhielt und reparirte. Auf diese Weise kam er mit dem so rühmlich bekannten Robinson, damals in Glasgow und später Professor der Physik zu Edinburg, in nahe Berührung; durch diesen Gelehrten lernte Watt um's Jahr 1759 auch die Dampfmaschine kennen, die von Newcomen erfunden und damals von Smeaton so weit gebracht worden war, daß damit durch den Druck der Atmosphäre Wasser aus Bergwerken gehoben werden sollte, wie wir im ersten Capitel sahen. 1761 lernte Watt auch den Papin'schen Topf kennen und machte einige Versuche damit, um den Hochdruckdampf zur Bewegung von Maschinen und Wagen zum Fahren zu verwenden, indem diese letztere Idee schon bei einem Andern aufgetaucht war. Er brachte auf den Papin'schen Topf als Kessel eine Spritze von ¾ Zoll Durchmesser an und versah sie mit einem Hahn, so daß der Dampf in den kleinen Cylinder zugelassen und abgelassen werden konnte. Ebenso war auch ein Hahn vorhanden, der die Verbindung zwischen Cylinder und freier Luft herstellen und abschließen konnte. War die Verbindung zwischen dem Digestor und dem Cylinder geöffnet, so strömte aus jenem Dampf in den letzteren, wirkte auf einen darin befindlichen Kolben und erhob das bedeutende Gewicht von 15 Pfd., womit derselbe belastet war. War dasselbe nun so hoch erhoben, als es die Höhe des Cylinders gestattete, so wurde die Verbindung zwischen ihm und dem Digestor verschlossen und die zwischen dem Cylinder und der Luft geöffnet, worauf

der Dampf ausströmte und der Kolben mit dem Gewicht sank. Das Spiel wiederholte sich und obgleich Watt seine Hähne mit der Hand drehte, so war doch leicht einzusehen, daß dieß auch durch die Maschine selbst geschehen und dieselbe ihre Leistung mit der größten Regelmäßigkeit ausführen konnte. Er gab jedoch die Idee, eine Maschine nach diesem Hochdruckprincipe zu erbauen, bald auf, da sich dagegen dieselben Einwürfe wie gegen Savary's Apparat geltend machten, nämlich die Gefahr, daß der Kessel zerspringen konnte und es schwierig war, die Fugen dicht zu halten, denn man muß nur bedenken, auf welch' niedriger Stufe vor hundert Jahren die Ausführung von Maschinen stand! Watt erkannte auch sofort den großen Kraftverlust, der dadurch entstand, daß keine Luftleere unter dem Kolben gebildet wurde, sondern daß der Ueberdruck des Dampfes über die atmosphärische Luft dessen Niedergang bewirkte.

Im Jahre 1763 erhielt Watt aus der Sammlung physicalischer Instrumente der Glasgower Universität das Modell einer Newcomen'schen Dampfmaschine zur Reparatur und er richtete seine Aufmerksamkeit ganz besonders auf die unvollkommene Condensation des Dampfes. Durch die Oberflächen-Condensation mittels des Cylinders, in den Wasser eingespritzt wird, geht viel Dampf verloren, und in einer geringen Wassermenge, wenn sie in Dampf verwandelt wird, ist viel Wärme enthalten. Erhitzt man eine gewisse Wassermenge in einem verschlossenen Kessel einige Grade über den Siedpunct und es entweicht der Dampf plötzlich, so wird die Temperatur des in dem Kessel zurückbleibenden siedenden Wassers auf den gewöhnlichen Siedpunct vermindert werden. Dagegen wird der entwichene Dampf, obgleich er allen Ueberschuß von Wärme mit sich führt, durch seine Condensation nur eine geringe Wassermenge geben. Es war daher von höchster Wichtigkeit, diese Wärmemenge zu erhalten. Der durch die abwechselnde Erhitzung und Abkühlung des Cylinders veranlaßte Dampfverlust betrug so viel, daß der Cylinder drei- bis viermal damit gefüllt

und die Maschine damit betrieben werden konnte. Mittels einer, in die Dille eines Theekessels eingeführte Glasröhre ließ Watt den Dampf in ein Glas kaltes Wasser strömen und fuhr damit so lange fort, bis daß es siedete. Da nun das Wasser etwa ein Sechstel von dem Dampf gewonnen hatte, der zu seiner Erwärmung verdichtet worden war, so folgerte Watt, daß ein gewisses Volum Wasser, in Dampf verwandelt, ungefähr das sechsfache Volum zu seiner eigenen Höhe emporheben könne, oder daß 1800 Volumina Dampf sechs Volumina Wasser erhitzen könnten. Er sah daher, daß der sechsmalige Temperaturunterschied oder volle 100 Wärmegrade angewendet worden seien, um dem Dampf seine Elasticität zu ertheilen, die aber abgezogen werden müssen, ehe unter dem Kolben der Dampfmaschine eine vollständige Luftleere erlangt werden konnte.

Nach vielen vergeblichen Versuchen kam Watt im Jahre 1765 auf den glücklichen Gedanken, den Dampfcylinder mit einem besondern Gefäße zu verbinden, in welchem eine Luftleere hergestellt wird, in die der benutzte Dampf schnell strömt, bis daß in dem Cylinder unter dem Kolben und dem Condensationsgefäß ein Gleichgewicht der Luftverdünnung hergestellt ist; auch wird das letztere durch Einspritzen von kaltem Wasser stets abgekühlt erhalten. Versuche bewiesen die Richtigkeit des Gedankens und das große Problem war gelöſ't! Das durch Condensation des Dampfs erzeugte warme Wasser und die vorhandene Luft wurde durch die sogenannte Luftpumpe herausgeschafft. Die nächste Verbesserung bestand darin, den Dampfcylinder mit einem Mantel zu umgeben, damit er sich nicht so schnell abkühle, und um die Einwirkung der kalten Luft auf die obere Fläche des Kolbens zu verhindern, verschloß er den Cylinder oben mit einem genau schließenden Deckel, in dessen Mitte die Kolbenstange durch eine dicht gemachte Oeffnung, durch die sogenannte Stopfbüchse, geht. Es wurde nun ein ganz anderes Princiep bei'm Betriebe der Dampfmaschine angewendet, indem statt des Drucks der Atmosphäre die

Elasticität der Dämpfe den Kolben im Cylinder niedertrieb, so daß die atmosphärische Maschine in eine Dampfmaschine verwandelt wurde.

Watt verfertigte nun das Modell einer solchen Maschine mit einem Cylinder von 9 Zoll Durchmesser und mit einem Balancier, allein Mangel an Mitteln verhinderte ihn, die Versuche mit demselben weiter zu verfolgen. Er hatte nämlich das Geschäft eines Feldmessers und Ingenieurs übernommen und die weitere Ausführung der Dampfmaschine unterblieb mehre Jahre, bis er zufällig mit dem Dr. Roebuck bekannt wurde, der als Fabricant und Handels-Speculant Geld erworben, das große Eisenwerk Carron in Schottland begründet und die Steinkohlenflötze zu Kinneil in dessen Nähe, um sie abzubauen, angekauft hatte. Dieser unternehmende Mann trug die Kosten zu den Versuchen, die Watt nun im großen Maßstabe anstellen konnte Nach achtmonatlichem Bau und nachdem noch manche Veränderungen und Verbesserungen gemacht worden waren, kam eine große Wasserhebungsmaschine zu Stande, die gegen die atmosphärischen Maschinen so bedeutende Vortheile durch Brennmaterialersparung und größere Leistungeu gewährte, daß Roebuck nicht Anstand nahm, mit Watt einen Contract abzuschließen, wonach Letzterer mit den Mitteln des Ersteren ein Patent auf seine Erfindungen nahm und eine Maschinenfabrik anlegte; dieß Patent wurde im Jahre 1769 ertheilt. Die zu Kinneil aufgeschlossenen Kohlenfelder lieferten aber eine so schlechte Kohle, daß sie, statt Gewinn zu bringen, den Bankrott Roebuck's herbeiführten und dieser sein Compagniegeschäft mit Watt aufgeben mußte. Jedoch führte dieses scheinbare Mißgeschick nun zum Glück.

Roebuck übertrug seine Rechte an dem Watt'schen Patent auf Mathias Bolton zu Soho bei Birmingham, der in jeder Beziehung ein ausgezeichneter Geschäftsmann war und das an intellectuellen und pecuniären Kräften besaß, was Watt fehlte. Zu Soho, auf fast unangebauetem Boden, wurde die berühmte Ma-

schinenfabrik unter der Firma von Bolton und Watt begründet, die sich nach wenigen Jahrzehenten einen Weltruf durch ihre mächtigen Fabricate errungen hatte. Ein Flüßchen, welches die Bolton'sche Besitzung bewässerte, gab die nöthige Triebkraft für die Werkzeugsmaschinen, mit deren und mit Hülfe guter Arbeiter Watt nun sehr bald in den Stand gesetzt war, eine gute Dampfmaschine zu erbauen und in Betrieb zu setzen. Viele Cornwalliser Bergwerksunternehmer, die für einen glücklichen Erfolg der Dampfmaschine sehr interessirt waren, um ihre Gruben von den vielen Grundwassern zu befreien, kamen nach Soho, untersuchten die Maschine und gaben ein sehr günstiges Urtheil darüber ab. Aber mit den vielerlei Versuchen war die Frist des Patents abgelaufen, 50,000 Pfd. Sterl. waren angewendet und noch kein Gewinn erlangt. Das Patent wurde von 1775 ab auf anderweitige 25 Jahre verlängert und große Vortheile wurden dadurch erlangt; die Watt'schen Maschinen verbreiteten sich immer mehr und mehr. Größe, Leistung und Preise wurden fest bestimmt, die Leistungen der verschiedenen Größen der Maschinen nach Pferdekräften, und wenn Smeaton eine Pferdekraft dahin bestimmt hatte, in einem Tage 22,000 Pfd. einen Fuß hoch zu heben, so schätzten Bolton und Watt diese Leistung auf 33,000 Pfd. und gaben zu gleicher Zeit die Versicherung, daß ihre Maschinen so eingerichtet seien, daß sie mit 1 Bushel Steinkohlen 44,000 Pfd. 1 Fuß hoch zu heben im Stande seien, so daß durch dieselben gegen die Smeaton'schen 100 Proc. an Brennmaterial gewonnen wurden. Auf diese Weise ersparte die Chancewater-Grube in Cornwall gegen ihre frühere Maschine jährlich 6000 Pfd. Sterl.

Fig. 42 giebt einen Begriff von der Einrichtung der ersten Watt'schen Wasserhebungsmaschine für Bergwerke. a ist der Dampfcylinder, b der Kolben, dessen Stange durch eine dampfdichte Stopfbüchse c geht; der Cylinder ist von einem dampfdichten Mantel d, d umgeben und in den Zwischenraum zwischen beiden strömt durch die

Röhre e Dampf aus dem Kessel. Wird das Ventil e' geöffnet, so gelangen Dämpfe unter den Cylinder und durch die Oeffnung f unter den Kolben, während, wenn das Ventil g geöffnet ist, die Dämpfe aus dem Cylinder in den Condensator h strömen. Die Abbildung setzt voraus, daß die Kolbenstange mit dem einen Ende eines Balanciers verbunden sei, dessen anderes Ende das Schacht- oder Pumpengestänge, sowie auch den Steuerungsbaum der Maschine auf- und niederbewegt.

Ehe man die Maschine anläßt, wird die darin befindliche Luft dadurch herausgetrieben, daß man die Ventile öffnet und in alle Theile Dampf strömen läßt; die Luft wird dadurch in den Condensator h getrieben und aus demselben durch das Ventil, welches ihn mit der Luftpumpe j verbindet entfernt. Nun wird das Ventil e' geschlossen, damit nicht mehr Dämpfe durch die Oeffnung f in den Cylinder unter den Kolben gelangen; zu gleicher Zeit werden die Dämpfe in dem Condensator h durch das denselben umgebende kalte Wasser m m in den Wasserkasten, welches durch eine vom Balancier bewegte Druckpumpe, mittelst der Röhre n fortwährend erneuert wird, verdichtet; da nun unter dem Kolben b eine Luftleere gebildet worden ist, so drücken die auf den Kolben strömenden Dämpfe denselben bis zum Boden des Cylinders nieder. Der Luftpumpenkolben wird durch die Bewegung des Balanciers aufgezogen und das Wasser aus dem Condensator h entfernt. Mittelst der Steuerung wird das Ventil g geschlossen und das Ventil e geöffnet; es strömen Dämpfe unter den Kolben, und da auf beiden Seiten desselben ein Gleichgewicht hergestellt worden ist, so zieht das Gegengewicht am Ende des Balanciers den Kolben im Cylinder aufwärts, der Luftpumpenkolben geht abwärts und das in dem untern Theile der Röhre befindliche Condensationswasser geht durch die Klappenventile im Kolben und über denselben. Die Steuerung verschließt alsdann das Vrntil e' und öffnet g. Während dieß nun geschieht, indem der Kolben a in dem Cylinder aufgeht, strömen die Dämpfe

unter demselben durch das Ventil g in den Condensator, und da nun, wie vorher eine Luftleere gebildet worden ist, so wird der Kolben mittelst der auf ihn tretenden Dämpfe bis zum Cylinderboden niedergedrückt. Das Oeffnen und Schließen der Ventile e und g wird durch den nachstehenden einfachen Mechanismus, die Steuerung der Maschine, bewirkt.

Es sei a, Fig. 43, die Stange des Ventils, welches Dampf zu dem Cylinder läßt und b die des Ventils, wodurch er zum Condensator gelangt; diese sind durch ein Gelenk mit Hebeln verbunden, die sich um die festen Puncte c, c drehen. h, h ist die Steuerungsstange, welche mit den Nägeln n und o versehen ist, die gegen die Hebel drücken, welche mit der Welle i, i verbunden sind und mit denen die Hebel r und p in Verbindung stehen. Diese wirken auf die Hebel d, e und heben oder senken die Ventile a und b; s ist das Gegengewicht, welches den Rückschlag der Welle i, i bewirkt. Der Condensator bestand in der von Watt zuerst eingeführten Form in einer Reihe von dünnen kupfernen Röhren, die mit einander in Verbindung standen und in einem mit kaltem Wasser angefüllten Behälter lagen; zuweilen wurdeu auch flache kupferne Röhren angewendet. Der Zweck bestand in beiden Fällen darin, eine möglichst große Oberfläche der Einwirkung des kalten Wassers darzubieten und eine schnelle Condensation zu bewirken. Ohngeachtet mancher Nachtheile dieser Einrichtung, war sie doch sehr ökonomisch, zumal eine verhältnißmäßig geringe Kraft erforderlich war, um die Pumpe zur Fortschaffung der Luft und des condensirten Wassers zu betreiben. Um auf diese Weise eine schnelle Condensation zu bewirken, mußte dem kalten Wasser eine große Oberfläche ausgesetzt werden, so daß die Condensatoren sehr groß wurden. Watt mußte daher zu der Condensation durch Einspritzen von kaltem Wasser zurückkehren

Die viel Dampf aufnehmenden und schweren äußern Cylindermäntel hatten so viel Nachtheiliges, daß Watt statt ihrer eisenblecherne vorrichtete und zwischen denselben

und dem Cylinder nur einen Raum von 1½ Zoll ließ, der durch eine, von der Dampfröhre ablaufende Röhre mit Dampf versehen wurde. Die Details dieser neuen Einrichtung sind aus Fig. 44 zu ersehen. a, a der Cylinder, b, b der äußere Mantel, c Kolben, d Kolbenstange, e Dampfröhre, welche den Dampf vom Kessel zum Cylinder führt, f Dampfventil, g das Gleichgewichtsventil, und h das Auslaßventil in der Röhre, welche den Dampf zu dem Gleichgewichtsventil führt. Nehmen wir an, daß sich der Kolben am Deckel des Cylinders befinde, und daß das Gleichgewichtsventil verschlossen sei, das Dampfventil f und das Auslaßventil h aber geöffnet: alsdann strömt der Dampf, unter dem Kolben weg, durch h zu dem Condensator und es entsteht eine Luftleere; der auf den Kolben drückende Dampf treibt denselben abwärts. Ist er am Boden angelangt, so werden das Dampf- und Auslaßventil f und h geschlossen und das Gleichgewichtsventil g wird geöffnet; der Dampf tritt nun unter und auch über den Kolben, es bildet sich ein Gleichgewicht des Drucks und das Gegengewicht zieht den Kolben aufwärts, indem der über ihm befindliche Dampf durch das Gleichgewichtsventil entweicht. Unter diesen Umständen befindet sich abwechselnd Dampf und eine Luftleere auf der untern Seite des Kolbens und darüber befindet sich stets Dampf.

Um's Jahr 1780 führte Watt eine andere Veränderung ein, wodurch er eine vollkommene Condensation zu erlangen suchte, indem unter dem Kolben eine stete Luftleere und über ihm abwechselnd eine solche und Dampf vorhanden war. Wenn daher der Kolben seinen belasteten Lauf, d. h., vom Deckel zum Boden, vollendet hatte und die Luftleere hergestellt worden war, wurde die ganze Zeit des Aufganges von dem Kolben dazu benutzt, um den Cylinder von Luft und Dampf zu befreien.

Die Vorrichtung zur Ausführung dieser Idee war die nachstehende: Es sei Fig. 45, a, a der Cylinder, b der Kolben, c das Dampfventil, d die Dampfröhre,

e das Auslaßventil, f f die Auslaßröhre, die zu dem Condensator führt, g der Dampfweg zu dem obern Theile des Cylinders. Sobald der Kolben den Boden erreicht hat, wird das Dampfventil c verschlossen und das Auslaßventil e geöffnet; der Dampf von der obern Seite des Kolbens strömt durch g und e und niederwärts durch die Auslaßröhre f zu dem Condensator. Zu beiden Seiten des Kolbens wird eine Luftleeere gemacht, das Gegengewicht zieht den Kolben aufwärts, das Auslaßventil bleibt während des Aufsteigens offen und zu der Bildung der Luftleere über dem Kolben bleibt mehr Zeit. Jedoch waren die Vortheile von dieser sinnreichen Vorrichtung nicht die erwarteten, Condensation erfolgte zu rasch, es wurde mehr Dampf verbraucht, es entstanden leicht Undichtigkeiten und der Erfinder gab daher diese Maschinen-Construction auf.

Im Jahre 1782 nahm Watt ein Patent auf eine sehr wichtige Verbesserung der Maschine, nämlich auf die Benutzung der Expansion des Dampfes. Jedoch blieb die ausgedehntere Anwendung derselben einer späteren Zeit vorbehalten und wir werden daher darauf zurückkommen.

Unter mehren neuen Einrichtungen suchte Watt auch eine zu erfinden, um die Beschaffenheit der Luftleere im Condensator und Cylinder zu bestimmen. Er wendete dazu ein Quecksilber-Barometer an, welches mit der innern Seite der Röhre in Verbindung stand, die zu dem Condensator führt; ein anderes Barometer wurde mit dem Kessel in Verbindung gebracht. Das Steigen und Fallen des Quecksilbers in dem mit dem Condensator verbundenen Barometer giebt den Grad der Luftverdünnung in demselben an, und mittelst des Barometers am Kessel kann der auf den Kolben wirkende Dampfdruck gemessen werden. Aus den erlangten Angaben war Watt im Stande, die Leistung der Maschine ziemlich genau zu bestimmen. Später führte er zu demselben Zweck ein sehr sinnreiches Instrument ein, welches er den Indicator nannte und von dem wir mit Hülfe von Fig. 46 einen Begriff geben wollen. Ein kleiner,

genau ausgebohrter Cylinder b ist so auf dem Cylinder a angebracht, daß er mit dessen Innern in Verbindung steht. In dem Cylinder b bewegt sich ein kleiner Kolben c, dessen Stange oben in einen Zeiger ausläuft, unter dem sich eine Scala d befindet. Ueber den untern Theil der Kolbenstange ist eine Spiralfeder e gewunden, deren unteres Ende mit dem Kolben, das obere aber mit einem kleinen Support verbunden ist. Der obere Theil des Cylinders b ist offen, der untere steht mit dem Dampfcylinder in Verbindung. Der Nullpunct der Scala ist so regulirt, daß der Zeiger auf ihm steht, wenn der Dampfcylinder mit Luft angefüllt und der Druck zu beiden Seiten des Indicatorkolbens gleich ist. Sobald nun in dem Dampfcylinder eine Luftleere gebildet worden ist. wird der Kolben c niedergedrückt, die Feder wird in Spannung gesetzt und die Grade, die der Zeiger auf der Scala angiebt, entsprechen der Luftleere im Cylinder. Es wird daher zu jeder Zeit die Kraft der Maschine auf den Indicatorkolben übertragen und dadurch die Leistung der Maschine bestimmt. Der Indicator ist neuerlich sehr verbessert und so eingerichtet, daß er die Leistungen auf Papier graphisch aufträgt; wir kommen auf diesen Schreibindicator weiter unten zurück.

Die Einrichtung einer Watt'schen Wasserhaltungsmaschine in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts lernen wir mit Hülfe von Fig. 47 kennen. Das Princip der Construction ist noch jetzt dasselbe, die neuern Veränderungen betreffen einzelne Theile, vollkommenere Ausführung und ein eleganteres Aeußere; selbst die Leistungen haben sich bei diesen Maschinen nicht wesentlich verändert. Die Einzelnheiten der Wirksamkeit der Maschine sind bereits erklärt, so daß sie hier nicht wiederholt zu werden brauchen. a, a Dampfcylinder, b Kolben, d Kolbenstange, die am Ende des Balanciers e, e mittelst einer Kette am obern Ende eines Kreissegments angehängt worden ist; f, f Steuerungsstange, welche durch Nägel und Hebel die Ventile bewegt; g Gleichgewichtsröhre, h Condensator, i Luftpumpe, j Kaltwasserkasten,

k Warmwasserkasten. Soll die Maschine in Betrieb gesetzt werden, so wird zuerst die Luft aus dem Cylinder a ausgetrieben, welches man durch Oeffnen des Gleichgewichts- und des Auslaßventils bewirkt, indem man sie durch die damit verbundenen Gewichte bewegt, worauf nun der Dampf in den Cylinder und in die Gleichgewichtsröhre strömt. Der Dampf wird sofort verdichtet, da er mit den kalten Oberflächen der Maschine in Berührung kommt. Nachdem der Cylinder a warm geworden ist, entweicht der Dampf endlich durch das Schnarchventil, welches am Fuße des Condensators oder der Luftpumpe angebracht worden ist. Die Ventile werden alsdann verschlossen und in der Maschine wird eine Luftpumpe gebildet. Der erste Zug der Maschine öffnet alsdann das Dampf- und das Auslaßventil, so wie auch den Einspritzhahn, so daß ein Wasserstrahl in den Condensator gelangt; da unter dem Kolben eine Luftleere vorhanden, so wird er von dem darüberströmenden Dampf niedergedrückt. Der Steuerbaum f f drückt bei seinem Niedergange mittelst seiner Nägel auf die Hebel des Auslaß- und Dampfventils, verschließt dieselben und öffnet das Gleichgewichtsventil; der über dem Kolben befindliche Dampf strömt durch das Ventil auf die untere Seite des Kolbens und da er dadurch in's Gleichgewicht gelangt ist, so wird er durch das Gegengewicht der Pumpenstangen und des Balanciers aufgezogen.

Obgleich nun diese einfach wirkende Maschine zu den Zwecken, wozu sie bestimmt, sehr geeignet war, namentlich zur Wasserhebung aus Bergwerken, so war ihre Benutzung doch dadurch beschränkt, daß man keine rotirende, sondern nur eine wiederkehrend geradlinigte Bewegung damit bewirken konnte. Watt hob diese Nachtheile durch Erfindung der doppeltwirkenden Maschine, auf welche er 1781 ein Patent nahm, während er sich schon seit 1774 mit ihrer Ausführung beschäftigt hatte, und nachdem auch andere Maschinenbauer den Gedanken auszuführen gesucht hatten. Obgleich die Kurbel oder der Krummzapfen bereits bekannt war, so

wendete ihn Watt Anfangs dennoch nicht zur Umsetzung der geradlinigten Bewegung. sondern zuvörderst einen andern Mechanismus an, den wir sogleich unter der Benennung Sonnen- und Planetenräder kennen lernen werden. Zur Geradführung der Kolbenstange, welches nicht mit einer Kette zu bewerkstelligen war, wurden mehre Vorrichtungen angewendet, von denen nur eine geblieben ist. Zuerst wendete Watt die in Fig. 48 dargestellte an. Dabei ist a die Kolbenstange. die am obern Ende mit einer Zahnstange versehen ist und diese greift in ein verzahntes Segment am Ende des Balanciers c und beide sind daher zur gegenseitigen Bewegung verbunden. Arbeitet die Maschine mit Expansion, so ist mit dem Mechanismus ein kleines Schwungrad, welches bei d mit punctirten Linien angedeutet ist, verbunden. Mit der Welle dieses Rades ist ein kleines Zahnrad angebracht, in das die Zahnstange auch eingreift; das Schwungrad muß daher, während der Kolben auf- und uiedergeht, eine wiederkehrend rotirende Bewegung machen. Jedoch hatte diese Vorrichtung manche Nachtheile und konnte bei großen Maschinen kaum angewendet werden. Watt's Genius erfand daher die bekannte Parallel-Bewegung, das nach ihm benannte Parallelogramm oder den Storchschnabel, wovon Fig 49 eine Abbildung giebt. Es ist a a der Balancier, f die Kolbenstange, g die Luftpumpenstange, b, c, d sind die Stangen, welche die Geradführung bewirken. Wir kommen auf diese Vorrichtung wiederholt zurück.

Um die doppeltwirkende Dampfmaschine in ihrer Anordnung so vollkommen als möglich, und unabhängig von unaufmerksamen Wärtern zu machen, brachte Watt eine Selbstregulirung, den sogenannten Regulator, an, durch den das Dampfventil geöffnet und geschlossen wird. Bei den einfach wirkenden Maschinen wird dieß Ventil, der sogenannte Drosselklappenregulator, mit der Hand gestellt, indem man auf diese Weise eine hinreichend gleichförmige Bewegung erhält. Fig. 50 giebt eine Abbildung dieses Ventils: a, a sind Theile von der Dampf-

röhre, durch Flantschen oder Kränze mit einander verbunden; an der Verbindungsebene beider ist eine dünne Scheibe oder Klappe angebracht, deren Spindel durch eine Stopfbüchse in der Röhre geht und mittelst der Kurbel d bewegt wird. Wenn das Ventil mit der Linie der Röhre parallel liegt, so ist der Dampfweg vollkommen geöffnet, und wenn es senkrecht steht, so ist er verschlossen; mittlere Stellungen veranlassen das Einströmen von einer größern oder geringern Dampfmenge. Das Ventil ist auf die bei e angedeutete Weise abgeschrägt, um dicht an die Röhre anzuschließen. Die weitere Einrichtung und Wirkung des Regulators, werden wir weiter unten, in Verbindung mit den Maschinen, kennen lernen.

Die mit dem Dampfcylinder verbundenen Ventile mußten bei der doppeltwirkenden Maschine auch etwas verändert werden; wir werden diese veränderte Einrichtung aus Fig. 51 kennen lernen. Die Stange a des Ventils b ist aufwärts verlängert und mit einer Zahnstange versehen, die in einen verzahnten Quadranten e greift, der durch den Hebel d bewegt wird, auf den der Steuerbaum einwirkt; die untere Verlängerung der Ventilstange c bewegt sich in einer Oeffnung in einem Bügel und es wird dadurch das Ventil gerade geführt.

Fig. 52 giebt nun die Abbildung einer doppeltwirkenden Dampfmaschine, wie sie am Schlusse des vorigen Jahrhunders beschaffen war: a Cylinder, b Kolbenstange, d Storchschnabel, m m Balancier, o Bläuelstange, p Sonnen- und Planetenrad, welches das Schwungrad bewegt, e Luftpumpen- und Steuerstange zur Bewegung der Ventile, f g Luftpumpe, h Condensator, n Warmwasserpumpe, welche das warme Wasser aus der Luftpumpe in den Behälter schafft, aus welchem es die Speiseröhre in den Kessel treibt. Befindet sich der Dampfkolben in seiner höchsten Stellung, so ist die Wirksamkeit der Maschine die folgende: Sobald Dampf durch das obere Ventil auf den Kolben gelassen ist, geht er abwärts, und an einem gewissen Puncte des Zuges schlie-

ßen die Nägel an dem Steuerbaume das Dampfventil und der Kolben wird nun durch die Expansion des Dampfes weiter niedergetrieben Ist er in die Nähe seines niedrigsten Standes angelangt, so wird das obere Auslaßventil geöffnet und eine Verbindung zwischen dem obern Theil des Cylinders und dem Condensator hergestellt; der Dampf strömt in den letztern und es entsteht eine Luftleere. Es wird nun der untere Dampfweg geöffnet, der Dampf treibt den Kolben aufwärts in die über dem Kolben befindliche Leere; der untere Dampfweg wird zur gehörigen Zeit abgeschlossen und das untere Entleerungsventil geöffnet; der Dampf strömt vom untern Theil des Cylinders in den Condensator und es entsteht unter dem Kolben eine Luftleere. Auf diese Weise wiederholen sich die Bewegungen

Nachdem wir nun die Entwickelungsgeschichte der Watt'schen Dampfmaschine kurz dargestellt haben, wollen wir nun zuvörderst noch einige andere Dampfmaschinen-Erfindungen betrachten, um dann zur nähern Beschreibung der wichtigsten Arten der Dampfmaschinen der Jetztzeit überzugehen.

Das Verdienst der practischen Ausführung der ersten Hochdruckmaschine gehört dem Deutschen Leupold, geboren zu Planitz bei Zwickau; er hat dieselbe 1724 erfunden und ausgeführt und 1727 in seinem erschienenen berühmten „Theatrum Machinarum hydraulicarum“ beschrieben. Neuheit und Befürchtung großer Gefahr bei den Hochdruckdämpfen waren die Veranlassung, daß die Maschine nicht in die Praxis kam, welches erst später in England der Fall war. — Fig. 53 giebt eine Abbildung der Maschine: A Kessel, B Wechselhahn, um Dampf in die Cylinder R und S einströmen zu lassen. D und C Kolben, E und F Kolbenstangen, G und H Balanciers, L und K Stangen der Druckpumpen P und Q, die aus N saugen und in T aufdrücken; M Blasrohr für gebrauchten Dampf.

Jonathan Hornblower hatte, ehe Watt'sche Maschinen in Cornwall eingeführt wurden, für die dor-

tigen Bergwerke Maschinen nach Newcomen'schen Principe erbauet und machte nun große Anstrengungen, um seinen glücklichen Nebenbuhler zu verdrängen. 1781 nahm er ein Patent auf eine Maschine mit 2 Cylindern, von welcher Fig. 54 eine Abbildung giebt. A, B sind zwei Cylinder, von denen A der größere ist; die Kolbenstangen von beiden sind mit dem Balancier verbunden und zwar auf dieselbe Weise wie bei Watt's einfachwirkender Maschine. Eine viereckige Röhre G führt dem Cylinder B Dampf zu; K ist die Ablaßröhre, welche zum Condensator führt, der eine conische Form hat und mit Pumpen zum Herausziehen des Wassers und der Luft verbunden war. Das Wasser gelangte durch ein Ventil am Boden zu dem Condensator, eine aufwärtsführende Röhre war damit verbunden und mit einem Blase- oder Schnarchventil versehen. Die quadratische Röhre verzweigte sich zu beiden Cylindern und war mit zwei Hähnen c und d versehen. Auf der andern Seite der Cylinder ist eine andere quadratische Röhre angebracht und diese ist ebenfalls mit zwei Hähnen a und b versehen; die senkrechte Röhre g stellt eine Verbindung zwischen dem obern und untern Theile des Cylinders B her, indem der Hahn b geöffnet wird. Alle diese Ventile und Hähne werden durch einen Steuerungsbaum bewegt, der, wie bei Watt's Maschine, mit dem Balancier verbunden ist; eine g gleiche Röhre befindet sich auf der andetn Seite der Cylinder und steht mit dem Ventil d in Verbindung. — Da diese Maschinen nicht bessere Resultate als die Watt'schen gaben, so kamen sie nicht in Aufnahme.

Fig. 55 stellt eine sehr sinnreich construirte Maschine dar, die den Dr. Cartwright zum Erfinder und einige sehr bemerkenswerthe Puncte hat. a, a ist der Cylinder, b, b der Kolben, dessen Stange auch niederwärts geht und den Kolben einer kleinen Pumpe treibt, welche das Wasser aus dem Condeusator d fortschafft und es mittelst der Röhre e e in den Warmwasserkasten g g treibt. In demselben befindet sich eine

Schwimmerkugel, welche auf einen Hebel wirkt, das Ventil am Deckel des Kastens verschließt und öffnet und die atmosphärische Luft einläßt. Dieser Behälter, der als ein Windkessel wirkt, treibt das Wasser ununterbrochen in eine Röhre. Ein sich nach Oben öffnendes Ventil führt von der Pumpe unter dem Cylinder zu dem Warmwasserkasten; ein anderes Ventil ist am Boden der Pumpe angebracht und öffnet sich auch aufwärts. Vom Boden des Cylinders führt eine Röhre zu dem Condensator d, in den aus zwei concentrischen Gefäßen bestehenden Raum, deren Außenflächen durch das kalte Wasser des Kastens abgekühlt erhalten bleiben. Die Röhre s führt dem obern Theile des Cylinders mittelst des Ventils h Dampf zu. Die Stange des Ventils ist nach beiden Seiten etwas verlängert; das obere Ende geht durch eine Stopfbüchse im Ventilgehäuse. Im Kolben ist ein sich nach Oben öffnendes Ventil c angebracht; die Kolbenstange geht durch eine Stopfbüchse in dem Cylinder-Deckel und durch ein Querhaupt, Hebel und Räder wird die wiederkehrend geradlinigte Bewegung der Kolbenstange in die ununterbrochen rotirende des Schwungrades verwandelt.

Der Betrieb der Maschine ist folgender: Wenn der Kolben am Cylinderdeckel steht, so stößt er gegen das untere Ende der Ventilstange h, hebt dasselbe aus seinem Sitz; der Dampf kann in den Cylinder strömen und den Kolben niederdrücken. Das Kolbenventil ist dann geschlossen, da sein oberes Ende gegen den Cylinderdeckel stößt. Sobald der Kolben den Boden des Cylinders erreicht hat, wird das Ventil h durch das gegen seine Stange drückende Querhaupt i, i in seinen Sitz gedrückt und das Kolbenventil wird dadurch geöffnet, daß das untere Ende der Stange gegen den Cylinderboden drückt; der Dampf übrr dem Kolben strömt durch sein Ventil in den Condensator, wird dort verdichtet und über dem Kolben eine Luftleere gebildet. Das Moment, welches das Schwungrad vor dem Niedergange des Kolbens erlangt hat, treibt den Kolben

durch den luftleeren Raum aufwärts; das Ventil h wird dann, wie vorher, geöffnet und c wie vorhin geschlossen und es erfolgt ein anderer Niedergang. Gleichzeitig mit dem Dampfkolben geht auch der Pumpenkolben nieder; dadurch wird das Ventil an dessen Boden verschlossen und das in dem Pumpencylinder unter dem Kolben befindliche Wasser genöthigt, in der Röhre e in die Höhe zu steigen, das Ventil zu offnen und in den Behälter zu strömen. Wenn der Dampfkolben steigt, geht der Pumpenkolben auch in die Höhe, hebt zu gleicher Zeit das Ventil und saugt das verdichtete Wasser aus dem Condensator. Es sind mehre Maschinen dieser Art erbauet worden und haben sehr genügende Betriebsresultate gegeben; alle Theile des Kolbens bestanden aus Eisen, eine Construction, die später bei allen Hochdruckmaschinen eingeführt wurde.

In Fig. 56 ist der Entwurf der ersten Expansions-Maschine, die Arthur Woolf 1804 erbauete. Dieselbe hat zwei Cylinder, den kleineren C und den größeren D, deren von den Kolben durchlaufene Räume sich wie 1 : 3½ bis 1 : 5 verhalten. Wenn die beiden Cylinder einer Balanciermaschine neben einander stehen, so haben beide Kolben gleiche Zuglänge; stehen aber beide hintereinander, so ist der Zug oder Hub des kleineren geringer als der des größeren; letzteres ist die gewöhnliche Anordnung. Auf unserer Figur ist die Steuerung nur durch Hähne vertreten. Strömt durch den Hahn E aus dem Kessel Hochdruckdampf auf den Kolben A, so ist gleichzeitig H offen, um den unter A befindlichen Dampf über den Kolben B gelangen und L ist ebenfalls geöffnet, um den expandirten Dampf in den Condensator strömen zu lassen. Beide Kolben bewegen sich nach einer Richtung; bei'm Kolbenwechsel schließen sich die vorher offenen Wege, es öffnen sich die Hähne F, G und K und die Kolben gehen aufwärts. Da sich die Räumlichkeit der beiden Cylinder wie 1 : 3½ bis 5 verhält, so wird der aus C strömende Dampf am Ende des Kolbenzuges auch 3½—5 mal schwächer, also bis zu diesen Graden gegen die

ursprüngliche Pressung expandirt sein. Der Dampf wirkt also gegen eine der Flächen des Kolbens A mit voller Spannuug, expandirt sich aber in dem größern Cylinder; die entgegengesetzte Räumlichkeit des großen Cylinders steht währenddem mit dem Condensator in Verbindung. Die Woolf'schen Maschinen wurden in einer gewissen Periode, wegen ihrer bedeutenden Leistungen, im Verhältniß zum Brennmaterialverbrauch, sehr häufig angewendet, allein sie wurden später durch bessere Maschinen verdrängt.

Obgleich Watt Hochdruckmaschinen im Auge hatte und einig über ihre Einrichtung war, so hatte er doch einen so entschiedenen Widerwillen gegen ihre Anwendung, daß er seine desfallsigen Ideen nicht weiter verfolgte. Im Jahre 1802 nahmen die Herrn Trevethick und Vivian zu Cambourne in Cornwall ein Patent auf eine Hochdruckmaschine, die den Zweck hatte, Wagen zu treiben. Die Einrichtung dieser Maschine hat sehr sinnreiche Eigenthümlichkeiten, von denen man mehre bei den neuern Hochdruckmaschinen findet. In Fig. 57 ist a, a der kreisrunde Kessel, um den Hochdruckdämpfen bessern Widerstand leisteu zu können; um die Ausstrahlung der Wärme zu verhindern, ist er mit einem Mantel umgeben und der Zwischenraum ist mit Thon ausgefüllt. Der untere Theil des Mantels ist der Ofen und die Flamue und deren Producte, die heißen Gase, circuliren um den Kessel, bis sie in die Esse entweichen. c der im Kessel angebrachte Cylinder; d der Kolben, g die Kolbenstange, die durch eine Stopfbüchse im Cylinderdeckel geht und mit der Lenkstange h verbunden ist, deren anderes Ende mit der Kurbel i in Verbindung steht, wodurch das Schwungrad betrieben wird; die Kolbenstange arbeitet zwischen Leitungen, wie die Figur zeigt. Ein Schneckenrad j wirkt bei seinem Umgange auf das kleine Rad k, welches am Ende des Hebels l angebracht und mit einem Gegengewicht n versehen ist. Es gelangt durch den Weg e und das Ventil f Dampf in den Cylinder und durch eine Viertelsdrehung dieses

Ventils oder Hahns strömt der Dampf entweder oben oder nnten in den Cylinder. Wird nun das Rad k durch Drehung des Schneckenrades j niedergedrückt, so geht der Hebel auch nieder und das Gewicht n steigt. Dieß wirkt auf einen Hebel m, dieser auf den horizontalen Hebel o und der letztere auf die Ventilstange, die um ein Viertel das Kreises gedreht wird. Am obern Ende der Stange h ist ein Sperrkegel angebracht, der die Drehung des Hahns f verhindert, während sich der Hebel o nach Auswärts dreht; wenn aber das Ende des Schneckenrades j das Rad k berührt, welches dann der Fall ist, sobald der Kolben fast das Ende seines Aufganges erreicht hat, so tritt das Rad k in die Vertiefung des Rades j, das Ende von m geht zurück, der Hebel l dreht den Hahn f um ein Viertel seiner Peripherie; dadurch wird der Dampf zu der oberen Seite des Kolbens zugelassen und der unter demselben befindliche strömt in die Atmosphäre aus.

Viertes Capitel.

Die stationären oder feststehenden Maschinen der Jetztzeit.

Ehe wir zur speciellen Beschreibung der jetzt gebräuchlichsten stationären Maschinen übergehen, müssen wir zuvörderst eine Classification aller Dampfmaschinen im weitesten Sinne des Worts geben, deren Eintheilung die folgende ist:

I. Aspirations- oder Ansauge-Maschinen. — Hierher gehört die Maschine von Savary, die wir im ersten Capitel kennen lernten.

II. Atmosphärische Maschinen, die wir ebenfalls bereits im ersten Capitel beschrieben haben.

III. Maschinen, bei denen der ausströmende Dampf durch den Stoß wirkt.

IV. Maschinen, welche durch die Spannkraft oder den Druck des Dampfes betrieben werden.

Die unter I bis III aufgeführten Maschinen haben nur historisches Interesse und sind daher in unserm ersten Capitel beschrieben worden; die jetzt gebräuchlichen

Maschinen werden dagegen nur vorzugsweise nach dem Princip ad. IV gebauet und sie sind es, die wir in dem vorhergehenden Capitel betrachtet haben und in den folgenden noch betrachten werden. — Alle diese Maschinen zerfallen in zwei Hauptarten, nämlich:

1) In Rad- oder rotirende Maschiuen, bei denen der Dampf unmittelbar eine drehende oder Rad-Bewegung hervorbringt, und

2) in Kolben- oder Cylindermaschinen, bei denen ein im Dampfcylinder fest anschließender Kolben eine wiederkehrend geradlinigte Bewegung macht, die entweder unmittelbar benutzt, oder mittelst besonderer Apparate in eine ununterbrochene drehende Bewegung umgewandelt wird. Es entstehen auf diese Weise entweder die einfach- oder doppeltwirkendeu Maschinen.

Die unter 1 bezeichneten Maschinen sind häufig versucht und zwar in sehr verschiedenen Abänderungen, allein sie sind nie in allgemeinen Gebrauch gekommen, da sie neben manchen Vortheilen gegen die Kolbenmaschinen auch große Nachtheile haben. Wir werden am Schlusse dieses Capitels einige Arten beschreiben, um eineu Begriff davon zu geben.

Berücksichtigt man die größere oder geringere Spannung des Dampfes zum Betriebe der verschiedenen Maschinen, so wie den Umstand, ob der Dampf noch durch Expansion oder Ausdehnung wirkt, ob er condensirt wird oder nicht, so haben wir hauptsächlich vier Systeme, nämlich:

a. Niederdruck-Maschinen, bei denen Condensation des Dampfes Bedingung ist;

b. Mitteldruckmaschinen;

c. Hochdruckmaschinen;

d. vereinigte Hoch- und Niederdruck-Maschinen mit Expansion und Condensation, auch Woolf'sche Maschinen genannt.

Bei den Mittel- und Hochdruckmaschinen unterscheidet man wiederum:

α. Maschinen mit ganzer Dampffüllung des Cylinders, Volldruckmaschinen;

β. Maschinen mit theilweiser Füllung, Expansions-Maschinen.

In Beziehung auf das Aeußere und die Construction der am Meisten gebräuchlichen Maschinen unterscheidet man:

a a Maschinen mit Balancier;

b b Maschinen ohne Balancier mit unbeweglichem verticalem, schrägstehendem oder liegendem Cylinder;

c c Maschinen mit beweglichem oder schwingendem, oscillirendem Cylinder.

Die wiederkehrend auf- und ab- oder hin- und hergehende Bewegung des Kolbens wird — wie wir schon weiter oben bemerkten — entweder unmittelbar zur Ueberwindung einer Arbeit, der Last, verwendet, oder es wird diese Bewegung in eine ununterbrochen rotirende umgesetzt, aus welchem Grunde man die Maschinen auch abtheilen kann in:

a b Maschinen mit bloß auf- und ab-, oder hin- und hergehender Bewegung, wie sie zum Betriebe von Pumpen, Gebläsen ꝛc. verwendet werden.

a c Maschinen mit ununterbrochener rotirender Bewegung, wohin die meisten Fabrik-, Schiff- und Eisenbahnmaschinen oder Locomotiven gehören.

Je nach ihrer Verwendung zu bestimmten Zwecken und nach ihrer Aufstellung. so wie auch nach der Oertlichkeit, giebt es:

b a Land- oder stehende (stationäre) Maschinen, die den eigentlichen Gegenstand dieses 4. Capitels bilden.

b c Schiffsmaschinen, die im nächsten 5. Capitel besprochen werden.

b d Eisenbahn- oder Locomotiv-Maschinen, die im 6. Capitel beschrieben werden sollen.

b e Transportable oder Locomobil-Maschinen, welche jedoch zu den stationären gerechnet werden müssen

und die wir daher ebenfalls im vorliegenden Capitel betrachten werden.

Zu einer jeden Kolbenmaschine (2) sind fünf Haupttheile erforderlich, die sich scharf von einander absondern lassen:

1) Der Dampfkessel oder Generator, der mit seinem Zubehör sich zumeist als ein für sich bestehendes, isolirtes Ganze darstellt, da er nur bei den locomobilen und locomotiven Maschinen mit denselben selbst verbunden ist. Den Kesseln der stationären und der Schiffsmaschinen ist daher ein besonderes Capitel gewidmet worden.

2) Der Cylinder mit dem Kolben, der Kolbenstange, dem Deckel und Boden, bildet einen Hauptttheil der Maschine. Gewöhnlich geht durch den Deckel, seltener durch den Boden die Kolbenstange nach Außen zu den bewegten Theilen und zwar durch eine dampf- und luftdichte Stopfbüchse.

3) Die Steuerung, wie man den Apparat nennt, durch den die Vertheilung des Dampfes bewirkt wird. Sie muß dem Cylinder so nahe als möglich sein, zu welchem Ende mit dem letztern eine Dampfbüchse oder ein Dampfkasten verbunden ist. Die Bewegung der Steuerung geht von den Receptoren aus.

4) Die bewegten Theile, welche die erzeugte Kraft aufnehmen und daher auch Receptoren genannt werden, begreifen unter sich die nächste Verbindung mit der Kolbenstange bis zur Schwungradwelle und bis zur Arbeitsmaschine, z. B. bis zur Schachtpumpe. Die wichtigsten Maschinentheile dieser Art sind die Trieb- oder Kurbelstange (Bläuel), der Balancier, das Parallelogramm, die Kurbel, das Schwungrad und dessen Welle. Sie unterscheiden sich sowohl durch die Größe ihrer Bewegung, als durch ihre Verbindung und Stärke. Von ihnen ab gehen Theile zur Bewegung der Steuerung, des Regulators der verschiedenen Pum-

pen, als Luftpumpe, Warm- und Kaltwasserpumpe, Speisepumpe ꝛc.

5) Die oben genannten verschiedenen Pumpen.

Nach dieser kurzen systematischen Uebersicht der verschiedenen Arten von Dampfmaschinen und ihrer Eintheilung wollen wir nun zuvörderst verschiedene stationäre Maschinen, mit Hülfe von Abbildungen, beschreiben.

Doppeltwirkende Watt'sche Niederdruck-Dampfmaschinen. Fig. 58, 59 ꝛc. Nach Scholl. Wir sahen schon in dem vorhergehenden Capitel, daß alle Niederdruckmaschinen mit Condensation versehen sein müssen, welche im Einspritzen von kaltem Wasser besteht, so daß der aus dem Cylinder tretende Dampf in einem besondern Behälter, dem Condensator, sofort abgekühlt und verdichtet ward. Könnte so viel und so kaltes Wasser eingeführt werden, daß das Condensationswasser eine Temperatur von 0° hätte, so würde sofort ein fast ganz luftleerer Raum entstehen, so daß die auf den Quadratzoll der Kolbenoberfläche drückende Atmosphäre, nebst dem Dampfdruck von $\frac{1}{4}$ Atmosphäre, 18—19 Pfd. betragen würde. Da aber so kaltes Wasser nicht angewendet werden kann und dasselbe auch stets atmosphärische Luft eingemengt enthält, die sich nicht condensiren läßt, so kann man im Condensator keine Luftleere, sondern nur eine Luftverdünnung hervorbringen und der Druck beträgt nie die obige Pfundzahl auf den Quadratzoll. Aus diesem Grunde wird das Condensationswasser und die Luft auch fortwährend durch die Luftpumpe aus dem Condensator fortgeschafft. — Die Eigenthümlichkeiten der Niederdruckmaschinen bestehen daher in der geringern Stärke des benutzten Dampfes, in dem Condensator, der Luftpumpe und dem Einspritzhahn, so wie in einer besondern Einrichtung, um frischen Dampf in den Condensator zu leiten, so daß aus dem-

selben vor Ingangsetzung der Maschine die Luft ausgetrieben wird.

Fig. 58 ist eine allgemeine Seitenansicht der Maschine und Fig. 59 ein Durchschnitt in größerem Maßstabe mit Weglassung des Balanciers. — A ist der obere und untere dampfdicht verschlossene Dampfcylinder; B der mit Hanfseilen gepackte oder gelieberte Kolben, der dadurch dicht an die Cylinderwände anschließt; C die Kolbenstange, welche durch die Stopfbüchse des Cylinderdeckels geht, deren oberes Ende mit dem Parallelogramm c c verbunden ist und dadurch ihre auf- und niedergehende Bewegung auf den Balancier D E F überträgt; E ist der mittlere oder Drehzapfen desselben. Bei F ist an dem Balancier die Trieb- oder Kurbelstange mittelst eines Gelenks angebracht, welches in H über die Warze, d. h. den Zapfen des auf der Schwungradwelle K befestigten Krummzapfens, greift und auf diese Weise die Welle mit dem Schwungrade L L umdreht. Das Balancierzapfenlager steht auf einem von 6 gußeisernen Säulen getragenen, ebenfalls gußeisernen Gesimskranz. Der Fuß dieser Säulen steht auf einem zweiten Gesims, welches den Rand eines gußeisernen Kastens bildet, in und auf dem sämmtliche Maschinentheile ruhen und der auf einem festen, steinernen Fundament befestigt worden ist. — Bei sehr großen Maschinen kann jedoch, wie wir weiter unten sehen werden, kein solches Gerüst angewendet werden, sondern das Balancierzapfenlager muß auf einem festen Gemäuer ruhen.

Der Dampf strömt mittels der Dampfröhre a aus dem Kessel in die Dampfbüchse b und zwischen beiden befindet sich die Regulator- oder Drosselklappe a'. In der Dampfbüchse bewegt sich vor den Mündungen der Dampfwege (Fig. 59) der Schieber auf und ab und es wird demselben die entsprechende Bewegung zur Dampfvertheilung durch die Theile P, Q, s, t, U, V mitgetheilt. d ist die Verbindungsröhre zwischen Cylinder und Condensator e; g der Einspritzhahn für kaltes Wasser; k Luftpumpenkolben mit den Klappen i, i; k das Fußven-

til, eine Klappe zwischen Luftpumpe und Condensator; l Luftpumpen-Ausgußkasten, von welchem das Saugrohr n der Speisepumpe m warmes Wasser zuführt; o und o' Ventile dieser Pumpe; p Druckröhre, welche nach dem Dampfkessel führt. — Der Condensationsapparat steht in dem mit Wasser angefüllten Theile des großen Kastens, der durch die Pumpe q, die bei r ausgießt, gespeis't wird.

Der Regulator, sein Betrieb von der Welle K aus und seine Verbindung mit der Drosselklappe, ist durch x, y, z bezeichnet.

Der im Innern mit der größten Genauigkeit ausgebohrte Dampfcylinder ist von einem dampfdicht umschließenden Mantel umgeben und der Zwischenraum zwischen beiden ist stets mit Dampf gefüllt, damit die Cylinderwände selbst möglichst wenig abgekühlt werden; der sich concentrirende Dampf wird durch einen Hahn abgelassen. Am Boden und Deckel des Cylinders sind länglichviereckige Canäle, die Dampfwege, angegossen. deren Flantschen an die Dampfbüchse angeschraubt sind. An dem Deckel befindet sich ein Schutzdeckel zur Verhinderung der Abkühlung, ein Schmierhahn zum Schmieren des Kolbens und die Stopfbüchse zum dampfdichten Durchgange der Kolbenstange; wir kommen darauf zurück.

Die Steuerung wird mit Hülfe der Fig. 59 bis 63 erläutert. Zur Dampfvertheilung dient der in Figur 61 im Querschnitt dargestellte Schieber und die Dampfbüchse hat ebenfalls einen halbrunden Querschnitt. Sie ist durch Liederungen, welche oben und unten zwischen ihrer und der Schieberwand eingelegt sind, in drei Räume getheilt. In den mittlern Theil mündet die Dampfröhre und er ist daher stets mit frischem Dampf gefüllt. Die unten und oben befindlichen Räume sind durch die Höhlung des Schiebers zu einem einzigen verbunden, der auch fortwährend durch die Röhre d mit dem Condensator communicirt. Oben ist die Dampfbüchse durch einen Deckel geschlossen, der eine Stopfbüchse für bei

Schieberstange, deren Befestigung in einer Querbrücke des Schiebers die Figg. 60 und 61 verdeutlichen. Da die Packungen um den Schieber die Räume der Dampfbüchse ganz dampfdicht voneinander absondern und der Schieber selbst mit seinen Deckflächen c c dampfdicht auf den Schieberflächen der Dampfwege gleitet, so kann der frische Dampf nur unter oder über den Kolben gehen, und von dort in entsprechender Art, von Unten direct, von Oben her durch den hohlen Schieber, in den Condensator gelangen.

Der Mechanismus zur regelmäßigen Bewegung des Schiebers wird durch die Figg. 62 und 63 erläutert; F in der letztern ist der Schieber von der Rückseite, m m der Dampfraum, R die Schieberstange, an dem Querhaupt Q befestigt. Von diesem gehen die Lenkstangen M M an die Hebel U V auf der Welle U, Fig. 62, ab und übertragen die schwingende Bewegung dieser Hebel an Q als eine geradlinig auf- und abgehende. Rechtwinkelig zu U V ist auf U der Hebel U t angebracht, in dessen Zapfen die Excentrik- oder Steuerstange S S eingehakt ist. Dieselbe ist mit dem aus zwei Hälften bestehenden Ring Q verbunden, welcher die Excentrikscheibe P so umfaßt, daß beide um einander gleiten können. Um nun eine hin- und hergehende Bewegung der Stange zu erlangen, ist der Mittelpunct von P aus dem vom K, d. h. der Welle, um $2\frac{3}{4}$ Zoll verlegt, wodurch die Stange eine Bewegung von $5\frac{1}{2}$ Zoll erreicht. Eine punctirte Darstellung des Bügels und des Hebelwerkes (Fig. 62) bezeichnet deren Stellung, wenn die Welle K um eine halbe Umdrehung, d. h. einen Kolbenhub, weiter bewegt ist. Die excentrische Scheibe steht, wie man aus Figur 58 und 59 ersieht, gerade entgegengesetzt zum Krummzapfen.

Auf der Welle U ist auch noch ein Hebel mit Handhaben (Figur 62) befestigt, durch den man den Schieber mit der Hand stellen kann, sobald die Steuerstange aus U t gelöst ist. Um dieß zu erleichtern und das Gewicht des Schiebers auszugleichen, ist ein dem Hebel U V ent-

gegengesetzter vorhanden, an welchem ein Gegenwicht für den Schieber und dessen Gestänge hängt. Zum Anlassen der Maschine ist es nöthig, den Cylinder und den Condensator vorzuwärmen und die darin enthaltene Luft auszutreiben. Man bewerkstelligt dieses durch Handsteuerung, indem man abwechselnd über und unter den Kolben Dampf strömen läßt, auch mehrmals den Schieber so tief stellt, daß aus der Dampfbüchse m direct Dampf am unteren c vorbei in den Condensator getrieben wird. Die dort ausgedehnte Luft kann durch ein sich nach Außen öffnendes Ventil entweichen.

Der Condensator e ist ein Cylinder, in den durch die Röhre d die benutzten Dämpfe und durch eine andere Röhre kaltes Wasser aus der Cisterne einströmen; der Zufluß des letztern wird, nach Bedürfniß der Maschine, regulirt. Das Fußventil k hindert den Rückgang des in die Luftpumpe übergegangenen Wassers mit beigemengter Luft. In Fig. 59 geht der Luftpumpenkolben nieder, so daß Wasser und Luft über ihn gelangen, die dann bei'm Umsetzen der Bewegung in l herausgeworfen werden. Da die Luftpumpe bei jeder Umdrehung der Maschine nur einen Hub macht, wogegen zwei Cylinderfüllungen an Dampf erforderlich sind, so muß sie eine verhältnißmäßige Größe haben, um gehörig wirken zu können; gewöhnlich hat daher der Luftpumpenkolben die Hälfte der Oberfläche von der des Dampfkolbens.

Von den bewegten Theilen müssen wir zuvörderst den Storchschnabel c c, Fig. 58, erwähnen, der die senkrechte Bewegung der Kolbenstange bewirkt, die nicht erreicht werden könnte, wenn C unmittelbar mit D verbunden wäre, das einen Bogen beschreibt. — Am Balancier sind die Stangen und Pumpen angehängt und so eingerichtet, daß sie möglichst senkrecht geradlinig gehen. — Die Triebstange G beschreibt mit dem oberen Theile die bogenförmige Linie des Balancierzapfens, an dem sie drehbar hängt; mit dem untern führt sie die Warze des Krummzapfens in dem Kreise herum, welcher deren Abstande aus der Mitte von K entspricht. Die

Kurbellänge, von H bis K, Fig. 59, gemessen, ist halb so groß wie der Kolbenhub, da der Balancier gleichförmig ist, d. h., D E = E F.

Das Schwungrad L hat den Zweck, den Dampfkolben rasch und ohne Absetzen über seine todten Puncte oder Wechsel, nämlich oben und unten, herüber zu führen, indem in diesen Stellungen die Triebstange, da sie in fast gerader Richtung mit dem Krummzapfen steht, gar nicht auf die drehende Bewegung des Krummzapfens einwirkt, wogegen bei mittlern Balancierlagen gerade das Entgegengesetzte Statt findet und das schwere Schwungrad alsdann so in Bewegung gesetzt wird, daß es vermöge seiner Trägheit, seines Beharrungsvermögens oder Schwunges, die Bewegung auch über die todten Puncte fortsetzt.

Der Regulator x y z dient zur Regulirung des Dampfzuflusses und zur Erhaltung einer gleichen Geschwindigkeit der Maschine, wenn sich Belastung, Dampfspannung, Beschaffenheit der Condensation u. s. w. ändern. Die Bewegung des Regulators wird durch einen über die Schwungradwelle gehenden Laufriemen x x und durch Winkelräder bewirkt; die Hebelverbindung Z, die an der Hülse des Regulators beginnt, geht bis zur Drosselklappe in der Dampfröhre. Vermehrt sich nun die Dampfspannung, oder vermindert sich die Belastung der Maschine, daß dieselbe rascher umgeht, so entfernen sich die Kugeln voneinander und ziehen die Hülse und mit dieser den Hebel Z in die Höhe; dadurch wird die Dampfklappe etwas geschlossen, im entgegengesetzten Falle geöffnet.

Von den beiden Wasserpumpen der Maschine dient die eine zur Herbeischaffung des kalten Wassers q und es ist dieß eine Saug- und Hebepumpe; sie schafft Wasser aus einem Brunnen oder einer Cisterne herbei. Die zweite m ist die Speisepumpe, die dem Kessel das warme Condensationswasser zuführt und eine Druckpumpe ist. — Die Kolben dieser beiden Pumpen sind auf Fig. 59 im Aufgehen und daher Ansaugen begriffen

und es ist daher das Saugeventil o der Speisepumpe geöffnet und das Ventil O′ geschlossen. Um Luft aufzunehmen und die Stöße bei'm Kolbenwechsel zu schwächen, ist bei O′ ein Windkessel angebracht.

Von den Hochdruck- und daher auch Mitteldruck-Dampfmaschinen ohne Condensation erhält man ein Bild, wenn man von Fig. 59 die den Niederdruckmaschinen eigenthümlichen Theil, nämlich Condensator und Luftpumpe, wegläßt, den benutzten Dampf durch d sogleich in die freie Luft ausströmen läßt, dagegen aber zwei bis drei Mal stärker gespannten Dampf anwendet, als bei jenen. Soll daher bei gleichen Dimensionen gleiche Kraft erzeugt werden, so muß der Druck des Dampfes wenigstens eine Atmosphäre mehr betragen. Maschinen dieser Art sind daher weit einfacher als Condensationsmaschinen und eignen sich weit besser zur Benutzung im Fabrik- und Gewerbswesen.

Fig. 72 giebt den parallel der Welle genommenen Aufriß und Fig. 73 die Seitenansicht einer solchen Maschine (Scholl). 1 Cylinder, 2 Kolben, 3 Stange, 4 Dampfweg über dem Kolben, 5 desgleichen unter demselben. Beide Dampfwege laufen auf der Schieberfläche aus und haben daselbst den Dampfweg 6 zur Fortleitung des gebrauchten Dampfes zwischen sich, indem derselbe von da in die Röhre 7 tritt, welche zum Vorwärmer führt. — Die Steuerung besteht aus der Dampfbüchse d, die mit 1 dicht verschraubt, und an welcher oben die Stopfbüchse b für die Schieberstange c angebracht ist. Diese trägt den broncenen Schieber a, welcher die Form einer hohlen Hand hat; e ist die Zuleitung des frischen Dampfes zur Büchse. Die Schieberstange ist mit einem Gelenke f versehen, in das die Steuerstange g gefügt ist, und diese erhält von der Excentrikscheibe h eine auf- und abgehende Bewegung, welche doppelt so groß ist, wie die Höhe der Dampfwege.

Nehmen wir an, daß der Kolben wie in Fig. 66 ganz unten steht und daß frischer Dampf dahin strömen muß, um ihn aufwärts zu treiben, während der Dampf

gleichzeitig von Oben entweicht; der Schieber a ist schon im Aufgange begriffen, er öffnet 5 und verbindet 4 mit 6. Der Schieber befindet sich in derselben Stellung, aber niedergehend, wenn der Kolben ganz oben ist; es geht dann 4. in Verbindung mit d, auf und es verbindet sich 5 mit 6. Steht also der Schieber in der Mitte seines Laufes, während der Dampfkolben oben oder unten ist, so folgt daraus, daß die Excentrikscheibe rechtwinkelig auf der Kurbel stehen muß.

Der Cylinder ist auf eine starke Bodenplatte A geschraubt, die mittelst Ankern mit dem steinernen Fundament verbunden ist; auf ihr stehen die pyramidalen Gerüststücke B B, welche die Kurbelwelle C mit dem Schwungrade D tragen. Unter einander sind sie durch Streben E verbunden, in deren Mitte eine Leitung F für die verlängerte Kolbenstange gesetzt ist. Die sehr lang gabelförmig geschlitzte Triebstange G greift an das Querhaupt der Kolbenstange und oben an die Warze der Kurbel C. Der mittelst Winkelrädern getriebene Regulator oder das Centrifugalpendel I läuft in den Stützen K K und regulirt durch den Hebel L und die Stange L′ an der Drosselklappe das Einströmen des Dampfes.

Zur Kesselspeisung dient die doppeltwirkende Druckpumpe α, die durch die Excentrikstange b getrieben wird. Der Raum unter dem Kolben dient zum Ansaugen von kaltem Wasser aus dem Brunnen, welches bei'm Niedergange des Kolbens in den Vorwärmer gedrückt wird. Das in demselben erwärmte Wasser fällt bei'm Kolbenniedergange über denselben und wird bei'm Aufgange in den Kessel gedrückt.

Die Dampfspannung beträgt in den Mittel- und Hochdruckmaschinen 2 bis 8 Atmosphären oder 30 bis 120 Pfd. Ueberdruck auf den Quadratzoll; stärkere Dampfspannungen sind unzweckmäßig.

Wir wenden uns nun zu der mechanischen Wirkung des Dampfes, wie er sich expandirt, indem durch diese Expansion oder Absperrung des Dampfzuflusses vor dem vollendeten Kolbenlaufe ein großer Ge-

winn bei den Dampfmaschinen erzielt wird. Wir setzen denselben mit den Worten des verewigten Professor Dr. Bernoulli zu Basel, in der 4. Auflage seiner „Dampfmaschinenlehre" (Stuttgart 1854) S. 81 ꝛc. auseinander, indem dieselben nicht deutlicher sein können:

„Hat der Dampf eine Spannung von 1 oder 2 Atm., so hebt er soviel Mal 15 oder 30 Pfd., als der Kolben Quadratzoll hat. Würde nur soviel Dampf in den Cylinder gelassen, bis der Kolben die Hälfte des Laufes vollendet, so würde der Kolben sich mit dieser Last nicht weiter bewegen. Er bliebe stehen und jenes wäre mithin das erreichbare Maximum der mechanischen Kraft.

„Es ist indessen klar, daß, wenn man nur die Last verminderte, der Kolben noch mehr sich heben könnte; denn der Dampf als expansible Flüssigkeit wird sich sofort weiter expandiren, und zwar so lange, bis seine Expansivkraft mit der Last im Gleichgewicht ist. Würde die Last allmählig um die Hälfte vermindert, so würde sich der Dampf ungefähr zu dem doppelten Volume expandiren, weil er dann noch halb soviel Expansivkraft hätte, und hiermit noch halb soviel Gewicht ebenso hoch heben. Der Dampf leistet in diesem Falle also eine um mehr als die Hälfte größere Wirkung.

„Wie sehr sich die Wirkung einer gegebenen Menge Dampf erhöhen läßt, wenn er sich noch expandiren kann, ist aus Folgendem leicht zu erkennen. Theilt man einen Cylinder in 20 Theile oder den Kolbenlauf in 20 Stationen ab, und sperrt man den Dampf ab, wenn der Kolben den vierten Theil seines Laufes vollendet hat, so wird der Dampf während der 5 ersten Stationen mit seiner vollen Kraft, die wir = 1 setzen, auf den Kolben drücken; bei der 6ten aber nur mit $\frac{5}{6}$ oder 0,83, weil der Raum ohne Dampfzufluß sich um $\frac{1}{6}$ vergrößert hat. Bei der 7ten wird der Dampf nur mit $\frac{5}{7}$ seiner ersten Kraft oder mit 0,7, bei der 8ten mit $\frac{5}{8}$ oder 0,63, und endlich bei der 20ten nur mit $\frac{5}{20}$ oder 0,25 auf den Kolben drücken.

„Die einzelnen Wirkungen werden also folgende sein:

Bei der	1sten Station	ist	der	Effect	=	1
„	„ 2ten	„	„	„	„	=	1
„	„ 3ten	„	„	„	„	=	1
„	„ 4ten	„	„	„	„	=	1
„	„ 5ten	„	„	„	„	=	1
„	„ 6ten	„	„	„	„	=	0,83
„	„ 7ten	„	„	„	„	=	0,70
„	„ 8ten	„	„	„	„	=	0,63
„	„ 9ten	„	„	„	„	=	0,56
„	„ 10ten	„	„	„	„	=	0,50
„	„ 11ten	„	„	„	„	=	0,45
„	„ 12ten	„	„	„	„	=	0,42
„	„ 13ten	„	„	„	„	=	0,39
„	„ 14ten	„	„	„	„	=	0,36
„	„ 15ten	„	„	„	„	=	0,33
„	„ 16ten	„	„	„	„	=	0,31
„	„ 17ten	„	„	„	„	=	0,29
„	„ 18ten	„	„	„	„	=	0,28
„	„ 19ten	„	„	„	„	=	0,26
„	„ 20sten	„	„	„	„	=	0,25

Und die Summen aller Wirkungen 11,56

„Wäre der Dampf fortwährend eingeströmt, so hätte man allerdings eine Wirkung = 20 erhalten; allein es wäre auch das Vierfache des Dampfes verbraucht worden.

„Mit dem vierten Theile des Dampfes hat man also durch dieses Absperrungsverfahren mehr als die Hälfte des gleichen Effectes erhalten oder dasselbe Dampfquantum leistet mehr als das Doppelte, als wenn keine Expansion gestattet worden."

Und fährt Bernoulli S. 83 weiter fort:

„Die wirkliche Vermehrung der Dampfkraft in Folge der Expansion ist freilich nicht genau die oben berechnete; denn, vorausgesetzt auch, daß keine Wärme verloren geht, so wird doch die Temperatur des Dampfes abnehmen und derselbe bei halber Dichtigkeit also weniger als halb soviel Spannung haben. Dehnt sich doppelter Dampf (von 122°) in einfachen aus, so sinkt die Temperatur auf 100°, indem Wärme latent wird, und auf 82°, wenn

er sich bis zum vierfachen Raume ausdehnt. Sowie die Expansivkraft mehr als die Dichtigkeit wächst, weil die Temperatur zugleich steigen muß, so wird sie umgekehrt auch im stärkeren Verhältniß abnehmen."

Endlich bemerkt Hr. B. nach S. 84:

„Ein Maß Dampf, das man bis zum zweifachen Volum sich expandiren läßt, oder mit Absperrung bei ½ des Laufes, leistet 0,84 soviel, als 2 Maß desselben Dampfes ohne Absperrung oder mit vollem Druck arbeitend; und mit Absperrung

bei ⅓ . . . 0,70 der dreifachen Menge ohne solche;
bei ¼ . . . 0,57; bei ⅕ . . . 0,52; bei ⅙ . . . 0,46;
bei ⅐ . . . 0,42; bei ⅛ . . . 0,39;

d. h., läßt man bei jedem Hub 1 Cubikfuß Dampf in einem Cylinder von 3 Cubikfuß Inhalt treten, so daß er sich auf's Dreifache ausdehnen kann, so erhält man mehr als zwei Mal soviel Kraft, als aus 1 Cubikfuß dieses Dampfes ohne Expansion."

Expansionsmaschinen mit rotirender Bewegung erfordern sehr schwere Schwungräder, Expansionsmaschinen ohne Drehung aber schwer in Bewegung zu setzende Massen, damit die durch die volle Wirkung des Dampfes erzeugte Kraft den Kolben durch den noch unter Expansionswirkung zurückzulegenden Weg fortziehe.

Die Expansionswirkung des Dampfes kann auf zweierlei Weise erfolgen: 1) in Maschinen mit einem Cylinder wird der Dampfzufluß durch die Steuerung oder andere Vorrichtungen unterbrochen, ehe der Kolben seinen ganzen Weg zurückgelegt hat; 2) in Maschinen mit zwei Cylindern füllt sich der erste, kleinere, gänzlich mit gespannten Dämpfen, und wenn diese benutzt sind, so strömen sie nach dem Kolbenwechsel in den zweiten drei bis fünf Mal so großen Cylinder, dehnt sich dort zu atmosphärischem Dampf aus und wird zuletzt condensirt. Dieß ist das bei den Woolf'schen Maschinen befolgte Princip, von denen wir bereits im vorhergehenden Capitel redeten. — Es giebt sehr verschiedenartige Expansionsvorrichtungen der erstern Art, jedoch kann es nicht

in unserer Absicht liegen, sie hier kennen zu lehren, sondern wir müssen auf Hartmann's großes Dampfmaschinenwerk, II. S. 318 rc. verweisen.

Soll eine Maschine, wie die in Fig. 72 und 73 dargestellte mit Expansion arbeiten, so erhält ihr Schieber eine andere und zwar die in Fig. 65 dargestellte Form. Man läßt nämlich des bessern Abschlusses wegen, sowie um ein verfrühetes Schließen der Dampfwege zu erlangen, ihre Deckflächen nach Innen und nach Außen eine Linie vorspringen, macht solche also um zwei Linien breiter, als die Dampfwege.

Fig. 66 zeigt die Einrichtung der Expansionsvorrichtung durch den Vertheilungsschieber. Dadurch, daß die Bedeckungsflächen M M bedeutend breiter, als bei Maschinen, die ohne Expansion arbeiten, gemacht sind, bleibt jetzt der Dampfweg, nachdem er von der Dampfbüchse abgeschlossen ist, eine Zeit lang ganz verschlossen, ehe er mit dem Abzugscanal in Verbindung kommt. Ein Theil des Kolbenlaufs geschieht also unter vollem Dampfdruck, der andere unter Expansionswirkung des eingeschlossenen Dampfes. Durch Verkürzung des Schieberhubes wird der Expansionsgrad vergrößert.

Die Figg. 67 bis 70 verdeutlichen die Expansion durch ruckweise Bewegung des Vertheilungsschiebers. Statt einer gewöhnlichen excentrischen Scheibe ist, Fig. 71, auf der Steuerungs- auch Regulatorwelle ein nach dem verlangten Expansionsgrad eigenthümlich geformtes Daumenstück A befestigt. Die Stangen D, von denen eine an den Schieber geht, die andere sich nur in einer Führungsbüchse bewegt, sind durch Zwischenstreben zu einem Rahmen verbunden, worin die Stahlrollen C C angebracht sind. Diese berühren in jeder Stellung des Daumenstückes immer dessen Umfang. Die Curven m n p q sind concentrische Kreisbögen zur Steuerungswelle B, aber in verschiedener Entfernung aus deren Mitte beschrieben. Man denke sich Fig. 71 unter Fig. 67 gestellt, mit der die Stellung Fig. 71 correspondirt und das Excentrik sich von der Rechten zur Linken drehend. Wenn nun p

unten, q oben die Rolle berührt, so hat der Schieber die Stellung Fig. 68, es erfolgt die Expansion des Dampfes über dem Kolben. Steht n an der untern, m an der obern Rolle, so ist die Stellung Fig. 69 für den Schieber eingetreten, Dampf geht unter dem Kolben und Fig. 70 zeigt die Expansionsstellung bei p oben und q unten. Bei nur einer Scheibe A ist auch der einmal festgestellte Expansionsgrad immer derselbe; legt man aber noch eine ähnliche, aber verschiebbare Scheibe unter oder über A, die durch den Regulator gehalten wird und die Kreisbögen m und n zu verlängern im Stande ist, so kann man dadurch ein längeres Offenbleiben der Dampfwege erzielen. Dadurch ist die Expansion je nach dem augenblicklichen Bedürfniß an Kraft veränderlich gemacht.

Wir wollen nun verschiedene Arten von Hochdruck- und Expansionsmaschinen mit Hülfe der Figg. 64 und 74 u. ff. kennen lernen:

Fig. 64 ist eine Expansionsmaschine mit doppeltem Cylinder, die neuerlich von dem Engländer Varley construirt worden ist: a a ist der Hochdruckcylinder; eine Triebstange b, die zwischen dem Cylinder und den Säulen d, welche die Balancier-Zapfenlager tragen, angebracht worden ist, bewegt das Schwungrad c. Das Excentrik auf der Welle bewegt die Ventile des kleinen Cylinders. Nachdem der Dampf in diesem gewirkt hat, strömt er in den Niederdruckcylinder e e; die Treibstange f bewegt das Schwungrad m. g ist ein Condensator, h die Luftpumpe, i die Warmwassercisterne. Die Maschine hat viel Eigenthümliches in ihrer Construction und ist auch in ökonomischer Beziehung sehr zweckmäßig. Das Gleichgewicht der Bewegung sichert allen Theilen der Maschine eine große Festigkeit.

Fig. 74 giebt den Aufriß einer Hochdruckmaschine, bei welcher Kurbel und Schwungradwelle über dem Cylinder liegen: a ist der Cylinder, b die Auslaßröhre, c die Dampfröhre. Die Kolbenstange ist mit einem Querhaupt d versehen, welches in den Falzen e e gerade geführt wird. f Treibstange, die über die Kurbel g greift;

h h das Schwungrad. Die Regulatorspindel wird von der Schwungradwelle aus bewegt; der Regulator wirkt auf die Drosselklappe in der Röhre c; die Ventile werden von einem Excentrik von der Schwungradwelle aus betrieben.

Fig. 75 ist ein Aufriß von Fairbairn's Hochdruckmaschine mit Kurbel über dem Cylinder, die sich durch eine besonders elegante Form auszeichnet, da sämmtliche Theile in einem runden, säulenförmigen Gehäuse angebracht worden sind.

Fig. 76 ist die Seitenansicht von einer horizontalen Maschine, d. h., bei welcher der Cylinder a horizontal liegt; b c c die Dampfröhre, d das Ventilgehäuse, e e die Führung für die Kolbenstange, f Verbindung derselben mit der Treibstange k, l die Kurbel, m das Schwungrad. Der Regulator o wird mittelst der Schnur n und mittelst eines Paares von Winkelrädern bewegt und steht mit der Drosselklappe r durch die Stange p in Verbindung. Die Pumpen i i werden durch den kleinen Balancier n' oder vielmehr ein Kreuz bewegt, indem ein niedergehender Arm, der hinter der Säule h verborgen ist, mit der von der Kolbenstange bei f ausgehenden Stange g in Verbindung steht. Diese horizontalen Maschinen werden neuerlich sehr häufig zum Betriebe von größern Arbeitsmaschinen angewendet, wie z. B. bei Gebläsen, Walzwerken, zur Förderung bei Bergwerken und in Fabriken. Sie sind leichter zu befestigen, man kann zu allen ihren Theilen gelangen und der ihnen gemachte Vorwurf der leichtern Abnutzung der Liederung läßt sich leicht heben.

Eine Dampfmaschine mit drei Cylindern hat neuerlich Hr. Legavrian, Maschinenbauer zu Lille, construirt und Armengaud hat sie im 9. Bande seiner Publication industrielle, S. 383 speciell beschrieben und auf Tafel 31 abgebildet. Dieses neue Maschinensystem besteht darin, daß zwei große Cylinder bei jedem Kolbenzuge nacheinander von dem Dampf gespeis't werden, der aus einem dritten, kleineren ausströmt. Der Kolben

des letztern theilt seine Bewegung einer liegenden Welle mit, die eine doppelte Geschwindigkeit von denjenigen hat, welche durch die Kolben der großen Cylinder bewegt werden. Man erlangt dadurch direct eine weit größere Geschwindigkeit als mit der Woolf'schen Maschine, obgleich die großen Kolben nur 1 Meter in der Secunde durchlaufen. Es gewährt diese Einrichtung den Vortheil, den Mechanismus zu vereinfachen und die Maschine leichter zu machen. Die mit derselben erlangten Resultate sind sehr gut.

Eine andere Art von Maschinen sind die mit schwingendem oder oscillirendem Cylinder, und sie können dadurch sehr vereinfacht werden. Der Cylinder ist entweder am Boden, oder in der Mitte, oder mehr nach dem Deckel zu mit zwei Zapfen versehen, um die er sich so drehen kann, daß er mit seiner Kolbenstange, welche direct mit der Kurbelwarze verbunden ist, der Kreisbewegung der letzteren folgen kann; es fällt also die Treib- oder Kurbelstange weg und Cylinder und Kurbel können ziemlich nahe aneinander gelegt werden, so daß solche Maschinen alle Vortheile directer Wirkung haben. Die Ventile werden auf die gewöhnliche Weise durch Excentriks und Hebel, bei einigen Maschinen dieser Art aber auch durch die Wirkung des Cylinders selbst, bewegt, so daß die ganze Einrichtung ganz außerordentlich vereinfacht ist.

Fig. 77 ist der Aufriß einer oscillirenden Maschine, die von Evans 1851 zu London ausgestellt worden war und Fig. 78 giebt ein anderes Beispiel von einer solchen Maschine, die ebenfalls in London ausgestellt war und sich durch ihre elegante Form, das Gerüst im gothischen Styl, auszeichnet.

Fig. 79 und 80 sind zwei rechtwinkelig aufeinander stehende Ansichten von einer andern Art oscillirender Maschinen, „Pendelmaschine", genannt. Es ist bei den Maschinen dieser Construction auch das Woolf'sche Princip angewendet; beide Cylinder sind nebeneinander, aber umgekehrt, in dem Gerüst angebracht. Die Dampf-

wege, zugleich auch die Zapfen, um die sich die Cylinder drehen, befinden sich an den Enden oder an den Böden der gewöhnlichen Dampfmaschinen-Cylinder, die Schieber werden von den Cylindern selbst bewegt. Maschinen dieser Art sind sehr einfach, da viele bei andern nöthige Theile gänzlich wegfallen.

Wir wollen nun mit Hülfe der Figg. 81 bis 85 eine von den großen Cornwalliser Wasserhebungsmaschinen, die eine bloß auf- und abgehende Bewegung machen, beschreiben, wobei wir der Weisbach'schen Ingenieurmechanik und dem schon oft citirten Scholl'schen Werke folgen.

Die Cornwalliser Werke arbeiten mit Mitteldruckdampf von 2 bis 2½ Atmosphären Spannung über dem Luftdruck und benutzen die Expansionswirkung desselben sehr ausgedehnt, während auch noch Condensation Statt findet. Durch die Expansion wird hier nicht allein die Arbeitsleistung des Dampfes vermehrt, sondern es würden auch, durch die damit bewirkte, gegen das Ende der Kolbenbewegung abnehmende Geschwindigkeit der bewegten Massen, Kraftverluste und nachtheilige Stöße vermieden. Die Expansion ist je nach der Construction der Maschinen, nach dem zu wältigenden Wasser 2c. verschieden und wirkt von $\frac{1}{5}$ bis zu $\frac{3}{4}$ des Kolbenhubes.

Die Leistungen dieser Maschinen werden weit höher angegeben, als die Watt'schen auszuüben im Stande sind, indem mit 1 Centner (zu 112 Pfund) Newcastler Steinkohlen 1 Fuß hoch gehoben werden:

mit Cornwalliser Maschinen 97 Millionen Pfund.
„ Watt'schen „ 43 „ „

Fig. 81 ist ein Aufriß und eine Hauptansicht der Maschine; Fig. 82 ein Aufriß der Steuerung in größerem Maßstabe; Fig. 83 ein Grundriß derselben; Fig. 84 und 85 sind Ansichten von dem Dampfventile.

A ist der auf einem sehr festen und schweren Fundament von Mauerwerk befestigte Cylinder. Man findet Cylinder von 20 bis 108 Zoll Durchmesser und von 6 bis 12 Fuß Kolbenhub. B Kolbenstange, die mittelst

des Parallelogrammes mit dem Ende des Balanciers C D E verbunden ist. Die Balancier-Zapfenlager stehen auf einer sehr starken Mauer, die durch Gebälk verstrebt ist, an welchem auch die Stühle für die Lenkstangen des Storchschnabels angeschraubt sind. F ist der obere Theil des Schachtgestänges, welches mit abnehmender Stärke, und daher immer leichter werdend, bis zum Tiefsten des Schachtes hinabgeht und an welchem die Pumpenkolben mittelst Stangen und Arme angebracht sind. Dieses hölzerne, stark mit Eisen beschlagene Gestänge und die Pumpenkolben, die zusammen ein sehr bedeutendes Gewicht haben, bilden die zu hebende Last der Maschinen. Die Pumpen sind gewöhnlich, mit Ausnahme der untersten, der sogenannten Sumpfpumpe, sämmtlich Druckpumpen, die bei'm Kolbenaufgange saugen und sich füllen und durch den dann erfolgenden Niedergang beider, das Wasser in die Höhe drücken. Der Dampfkolben zieht also mittelst seines Niederganges das Gestänge in die Höhe und durch seinen Niedergang werden die Wasser durch die Druckkolben in die Höhe getrieben. Es ist daher nur eine einseitige Wirkung des Dampfes auf die obere Fläche des Kolbens erforderlich und sind Maschinen dieser Art daher einfachwirkende.

Alle Maschinentheile auf der Cylinderseite, die mit G H I P bezeichnet werden, dienen zur Steuerung; auf der Schachtseite befindet sich bei L die Luftpumpe, deren Kolbenstange am Balancier hängt, bei K der Condensator, die Beide in einer Cisterne aufgestellt worden sind. Letztere wird stets voll kalten Wassers gehalten, das aus großen, benachbarten Bassins einströmt. Das von den Schachtpumpen ausgegossene Wasser wird, da es unrein ist, nicht direct zur Condensation verwendet, sondern es muß sich erst durch ruhiges Stehen reinigen. Besser noch ist zugeleitetes Tagwasser. Das warme Condensationswasser fließt, außer dem Theil, der als Speisewasser für die Kessel benutzt wird, wieder in die Bassins zurück, kühlt sich dort ab und wird auf's Neue verwendet.

M, N und O bezeichnen die Speisepumpe: N ist das Saugrohr, M der Pumpenkörper, O das Steigventil; beide Pumpenstangen, sowie auch das Gestänge F, hängen aber bei den bessern Maschinen nicht direct an dem Balancierzapfen, sondern an einem Storchschnabel. — Für die Regulirung und Vertheilung des Dampfes, also für die Steuerung, sind vier Ventile vorhanden, nämlich: 1) das Regulirventil Z Q, Fig. 82; 2) das Einlaßventil R; 3) das Gleichgewichtsventil S; 4) das Auslaß- oder Condensatorventil T.

Sämmtliche Ventile sind nach den Figg. 84 und 85 construirte doppelsitzige Kapsel- oder Glockenventile; dabei bezeichnet A das Ventilgehäuse, B das Ableitungsrohr, wohin der Dampf strömen soll, C C Ventilsitz für die obere Schlußfläche a, deren Durchmesser kleiner ist, als derjenige der untern Sitzfläche a. D ist das Ventil selbst, dessen correspondirende geschliffene Stellen sich auf die Sitze dicht anlegen. Wird D mittelst der Ventilstange gehoben, so öffnen sich gleichzeitig beide Ventilringe, gestatten also dem Dampf doppelten Ausweg bei einfachem Ventilhube; ferner ist die Belastung dieses Ventils durch den Dampfdruck außerordentlich vermindert.

Das Regulirventil Q erhält, entgegengesetzt von Figur 84, den Dampf von Unten, nämlich von Z her; seine Ventilstange a geht an den Hebel b c, der um C drehbar und an b mit einer langen Stange d d verbunden ist, die bei'm untern d eine Regulirschraube hat. Hierdurch ist es möglich, das Ventil nach dem Bedürfniß der Maschine oder der Spannung des Dampfes, allerdings nur durch Einwirkung des Maschinenwärters, zu stellen und dadurch den Dampfzufluß zu reguliren. — Aus Q geht der Dampf in das dicht anliegende Einlaßventil R, das zu Beginn jenes Hubes geöffnet und während der Einströmungszeit offen gehalten wird; dasselbe besorgt ferner den Abschluß, die Expansion an dem bestimmten Puncte des Kolbenhubes, jenachdem das Hebelwerk der Steuerung regulirt worden ist. Das Ventil R bleibt so lange geschlossen, bis daß der Kolben den un-

ter Expansionswirkung zu machenden Weg zurückgelegt und sich wiederum gänzlich erhoben hat und den nächsten Hub zu machen bereit ist.

Bei'm tiefsten Kolbenstande öffnet sich das Ventil S, dessen Gehäuse mit dem Cylinderraume über dem Kolben in Verbindung steht, dessen Abzugsröhe H aber unten, also unter den Kolben, in den Cylinder führt. Dadurch stellt sich das Gleichgewicht unter und über dem Cylinder her, und da der Balancier an der Schachtseite stärker als an der Cylinderseite belastet ist, so geht das Gestänge nieder und der Kolben auf; man nennt daher das Ventil S das Gleichgewichtsventil. — Von dem untern Theil des Cylinders geht ferner das Ventil T ab, welches die Dämpfe durch die Röhre I zum Condensator führt. Dieses Ventil ist aber nur während des Kolbenniederganges und während der Pause offen, die der Kolben auf höchstem Standpuncte, veranlaßt durch die Cataractwirkung, macht.

Zur Bewegung der Ventile an den richtigen Zeitpuncten dienen die Steuerstange G, die mit Hülfe des Parallelogramms eine senkrechte Bewegung macht, der sogenannte Cataract P, in Verbindung mit dem Hebel- und Stangenwerk e bis y. Sollte die Maschine in ununterbrochenem Betriebe erhalten werden, so wäre die Stange G mit dem zugehörigen Hebelwerk hinreichend; es würde alsdann bei Ankunft des Kolbens oben das Einlaß- und Condensatorventil geöffnet, dann ersteres auf dem Expansionspunct geschlossen und bei vollendetem Niedergange des Kolbens das Condensatorventil geschlossen, das Gleichgewichtsventil geöffnet und bis zum oberen Wechsel offen gehalten. Nun sind aber die Leistungen solcher Maschinen nicht immer gleich, es ist nicht immer gleichviel Wasser aus den Schächten herauszudrücken, sondern es sind diese Mengen zu verschiedenen Perioden sehr verschieden, und es kann daher die Maschine mit Absätzen oder Pausen von verschiedener Dauer betrieben werden. Diese Pausen bei den Kolbenwechseln sind für den Gang und die Erhaltung der Pumpenventile sehr

vortheilhaft. Man richtet daher die Anzahl der Kolben- und folglich auch Pumpenhübe nach der Menge der zu hebenden Grubenwasser ein, so daß die Maschine auf dem obern Kolbenstande längere oder kürzere Pausen macht. Es wird dieß durch den Cataract bewirkt, welches ein besonderer, leicht regulirbarer und die Steuerung beherrschender Apparat ist.

Er besteht hauptsächlich aus einer Druckpumpe e, die in dem mit Wasser gefüllten Kasten P steht. Ihr Kolben hängt an einem Hebel der horizontalen Welle ff; ein anderer, jenem gegenüberstehender Hebel ist auf derselben Welle fest und kann von einem Knaggen der Stangen G ergriffen und niedergedrückr werden. Dadurch wird der Kolben dieser Pumpe bei Vollendung des Niederganges des Cylinderkolbens gehoben und es wird Wasser eingesaugt. Bei'm Angange des Dampfkolbens und der Stange G läßt diese den Hebel g los und der Kolben von e sinkt durch sein eigenes, sowie durch das Gewicht i am Hebel t, in den Pumpenkörper und verdrängt dort das Wasser. Die Pumpe hat nun ein Ausgangsventil, welches auf dem Fußboden des Maschinenhauses gestellt werden kann, so daß der Ausfluß aus e rasch oder langsam erfolgen kann. Da nun der Pumpenkolbenhebel nach der andern Seite verlängert und dieser Theil mit dem Hebel k der obern Steuerung verbunden ist, so drückt jener Hebel immer erst bei vollendetem Niedergang des Druckkolbens den Hebel k in die Höhe, lös't die Steuerung aus und bewirkt so den Wechsel der Ventilschlüsse, also den Niedergang des Kolbens. Es hängt demnach die Geschwindigkeit der Maschinen, oder die Anzahl der Hübe, die sie in einer gegebenen Zeit macht, von der dem Wasser in e gebotenen Ausflußöffnung ab.

Eine andere Reihe von Maschinen bilden die mit direct wirkenden Dampfkolben, welches in neue-

rer Zeit mit gutem Erfolg für manche Zwecke angewendet worden sind, besonders zur Bewegung von Hämmern und Rammen. Wir wollen beide Maschinen etwas näher betrachten.

Der von dem Engländer J. Nasmyth zu Patricroft bei Manchester und zu gleicher Zeit auch von dem französischen Maschinenbauer Schneider erfundene Dampfhammer oder Stempelhammer ist in einer neuerlich von jenem selbst verbesserten und in Dingler's polytechn. Journal, Bd. 134, S. 251, beschriebenen Form in Fig. 86 im senkrechten Durchschnitt und im Aufriß dargestellt. a ist das gußeiserne Gerüst, b der Hammerkopf oder Block mit der eingeschobenen verstahlten Bahn AB der Amboß und C dessen Stock, c ist der Dampfcylinder f, d dessen Boden, e der Kolben, der mit dem Ringe f auf die weiter unten näher zu beschreibende gelidert worden ist, da eine Maschine dieser Art sehr einfach und fest eingerichtet sein muß, weil sie sehr starke Stöße auszuhalten hat. g ist die mit dem Kolben e auf folgende Weise verbundene Kolbenstange; bei g′ hat der obere Theil der Kolbenstange einen weit stärkern Durchmesser und zwischen g′ und g^2 ist sie conisch abgedreht. Das obere Ende g^3 ist anfänglich cylindrisch, wird aber in die conische Vertiefung des Kolbens durch Hammerschläge so eingetrieben, daß es ebenfalls conisch wird. Auf diese Weise wird der Kolben so fest mit der Kolbenstange verbunden, daß die heftigen Stöße, denen diese Maschinentheile bei'm Betriebe des Hammers unterworfen worden sind, keinen nachtheiligen Einfluß darauf haben können, wie es bei einer der gewöhnlichen Verbindungsmethoden der Fall sein würde.

An dem unteren Ende der Kolbenstange ist die Verstärkung g^4 angeschmiedet, welche gegen die Platte h tritt und zur Verbindung der Stange mit dem Hammerkopf dient. Der Verdichtungsring i ist mit der Verstärkung g^4 durch die Keilschlüssel jj verbunden. k ist der Stopfbüchsenring, l der Stopfbüchsendeckel; f der Ring zur Liderung des Kolbens, der einen dreiseitigen Querschnitt

hat und aus zwei Halbkreisen besteht, so daß er in die dreieckige Vertiefung des massiven Kolbens eingelegt werden kann. Der spitze Winkel des Dreiecks liegt unten, so daß die aufwärtsgehende Bewegung des Kolbens das Bestreben hat, den Liderungsring gegen das Innere des Cylinders zu drängen, und daher eine dampfdichte Verbindung entsteht.

Die Wirkung eines solchen Dampfhammers ist nachstehende: Nehmen wir an, daß die Hammerbahn A auf der Amboßbahn B liege und der Kolben c auf dem Cylinderboden d; es tritt nun durch ein Schieberventil Dampf in den hohen Cylinderboden und von diesem unter den Kolben und hebt denselben, während über dem Kolben mittelst der Oeffnungen d' d' eine Verbindung mit der Atmosphäre existirt. Sobald der Kolben den höchsten Stand erreicht hat, sind die Oeffnungen d' d' frei, der Dampf entweicht unter dem Kolben weg und es fällt derselbe mit dem Hammer nieder, um seine Wirkung zu thun. Die Maschine bedarf Hochdruckdampf und dieser ist einseitig wirkend. Die Steuerung wird entweder mit der Hand, oder durch die Maschine selbst bewirkt. Stets muß sie so einfach als möglich sein und daher hat die Handsteuerung manche Vorzüge vor der selbständigen.

Die Eigenthümlichkeiten und Vorzüge dieser Maschinen gegen die gewöhnlichen Aufwerf-, Stirn- oder Schwanzhämmer sind sehr wesentlich und sie sind daher jetzt sowohl auf Eisenhütten, als auch in Maschinenfabriken sehr verbreitet. Man hat mehre Abänderungen derselben, von denen die meisten auf die hier beschriebene Weise eingerichtet sind, während bei andern, anstatt Kolben und Kolbenstange, der mit einem Kerne versehene Dampfcylinder sich selbst bewegt. — Die hauptsächlichsten Eigenthümlichkeiten und Vorzüge der Dampfhämmer sind folgende: 1) nehmen sie weit weniger Raum ein, als andere Hämmer, haben ein weit einfacheres Fundament und Gerüst und sind von allen Seiten zugänglich. — 2) Es geht bei ihnen weit weniger Kraft verloren, sie fallen senk-

recht und beschreiben keinen Bogen. — 3) Die Dampfhämmer können mittelst hoher Cylinder weit höher gehoben werden, als gewöhnliche Hämmer und die Kraft der letztern läßt sich daher nur durch das Gewicht verstärken, welches aber seine gewissen Gränzen hat. — 4) Ein großer Uebelstand der gewöhnlichen Hämmer besteht darin, daß, obgleich sie stets gleich hoch gehoben werden, der Schlag dennoch nicht immer gleiche Stärke hat, weil sie, je nach der Dicke des auszuschmiedenden Stücks, bald mehr bald weniger tief fallen. Dagegen kann bei den Dampfhämmern die Kraft des Schlags nach Bedarf verstärkt oder vermindert werden. Demnach kann ein und derselbe Hammer zu verschiedenartigen Arbeiten dienen und man kann weit mächtigere Dampf- als sonstige Hämmer construiren, was jetzt, wo häufig colossale Stücke geschmiedet werden müssen, von besonderer Wichtigkeit ist.

Die Dampframmen. — Die gewöhnlichen Rammen haben bedeutende Mängel; mit Handrammen können in einer Minute höchstens zwanzig Schläge gemacht werden und zwölf Mann können einen 4 Ctr. schweren Klotz nur 4 bis 5 Fuß schnellen. Kunstrammen können leicht einen vier Mal schwerern Klotz aufziehen und ihn vier Mal höher herabfallen lassen, so daß der Stoß eine sechzehn Mal größere Wirkung hat, allein die Schläge können nur sehr langsam aufeinander folgen. Besonders zweckmäßig sind demnach die von dem eben erwähnten Engländer Nasmyth erfundenen Dampframmen, indem sie sich von andern Maschinen dieser Art besonders dadurch unterscheiden, daß sie den sehr schweren Rammbär auf eine kleine Höhe heben und ihn schnell aufeinander folgende Schläge machen läßt. Da die Leistung des Rammbäres von dem Producte aus seinem Gewicht und seiner Steighöhe abhängt, so wird dadurch, daß man letztere um soviel vermindert, als man jenes größer nimmt, nichts an Leistung verloren, wohl aber hat man dann den Vortheil, daß man den Dampf direct wirken, d. h. den Rammbär gleich unmittelbar von der Stange des

Dampfkolbens heben lassen kann, was bei der gewöhnlichen Steighöhe der Rammbäre unmöglich wäre. Ein Hauptvortheil der Dampframme besteht aber noch darin, daß man mit derselben die Arbeit des Einrammens möglichst beschleunigen kann, zumal da, wie es scheint, das Eindringen der Pfähle durch die schnelle Aufeinanderfolge der Schläge befördert wird. Der Rammbär einer solchen Maschine hat ein Gewicht von 50 Centnern und macht in einer Minute 70 bis 80 Schläge von je 3 Fuß Höhe. Mit einer Kunstramme mit Kurbelbewegung, an der nur wenige Arbeiter auf einmal arbeiten können, lassen sich nur 10 bis 40 Schläge machen.

Die Nasmyth'sche Dampframme, deren Beschreibung wir hier aus Weisbach's Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, Bd. III. S. 506 entlehnen, ruht auf einer Plattform mit vier Rädern, welche auf einer Eisenbahn längs der Pfahlreihen laufen. Der Läufer des Rammbärs ist fest an einer Seite dieser Plattform angeschraubt und wird nicht allein durch zwei Streben, sondern auch durch Zugstangen, welche vom Kopfe desselben nach den vier Ecken der Plattform herabgehen, in seiner senkrechten Lage erhalten. Auf diesem Kopfe sitzt eine große Leitrolle, über welche eine starke Kette läuft, an deren einem Ende der ganze Treibappart aufgehangen ist, während sich das andere Ende um eine Trommel windet, die durch eine auf der Plattform befestigte Dampfmaschine in Umdrehung gesetzt werden kann, welche überdieß noch zum Aufrichten der Pfähle und Fortrollen des ganzen Apparats auf der Schienenbahn dient.

Der Treibapparat ist in den Figg. 87 und 88 abgebildet. Es besteht derselbe aus dem Dampfcylinder A und dem gußeisernen Rammblock Q von etwa 50 Ctr. Gewicht, welcher durch die Kolbenstange C mit dem Kolben B im Dampfcylinder verbunden ist. Damit der Rammbär senkrecht auf- und niedersteige, ist derselbe von einer schmiedeeisernen Röhre DDE umgeben, welche mittelst eines geeigneten Absatzes auf dem Pfahlkopf P aufsitzt und oben mit dem Dampfcylinder fest verbunden ist.

Der Dampf wird aus dem auf der Plattform ruhenden Locomotivkessel mittelst einer Gelenkröhre F der mit dem Dampfcylinder fest verbundenen Dampfkammer zugeführt. Bei der in I gezeichneten Schieberstellung geht der Dampf unter den Kolben B und hebt denselben sammt dem daran hängenden Rammbär Q, 3 Fuß hoch empor. Gegen Ende des Hubes trifft der Rammbär einen Steuerhebel a b c, welcher sich um die feste Achse c dreht und in b die Steuerschieberstange s s angreift, wodurch nun der Schieber S zum Steigen gebracht und der Zutritt des Dampfes zum Dampfcylinder abgesperrt wird. Der Dampfkolben B und der Dampfschieber S befinden sich nun in der, in Fig. 88 angegebenen Stellung, wobei der Dampf nicht allein durch ein bei T sich anschließendes Ausblaserohr, sondern auch durch die Löcher t t im Umfange des Dampfcylinders ausströmen kann. In Folge dessen fällt der Rammbär fast augenblicklich auf den Pfahlkopf P herab und treibt den Pfahl um einen gewissen Weg tiefer in das Erdreich hinein, worauf nur noch ein Nachsinken des dadurch seiner Stütze beraubten Apparates A D D E erfolgt. Bei dem Aufschlagen des Rammbärs gelangt die Zunge e f g aus der Lage, welche Fig. 88 anzeigt, in die von Fig. 87 und drückt dabei den längern Arm des Hebels h k l auswärts, so daß nun der kürzere Arm desselben aus dem Ausschnitte in der Schieberstange s s ausschnappt, und diese sammt dem Schieber durch den Druck des Dampfes über den am obern Ende dieser Stange sitzenden Gegenkolben k herabsinkt; worauf nun dem Dampfe wieder der Zutritt zum Dampfcylinder eröffnet wird. Während des nun erfolgenden Kolbenaufganges wird die Zunge e f g von der Röhrenwand D D E bei g wieder in die Stellung von Fig. 88 herabgedrückt, so daß nun ihre Wirkung auf den Hebel h k l aufhört und der kurze Arm desselben durch den Druck einer Feder wieder in den Einschnitt der mittlerweile emporgestiegenen Steuerschieberstange einschnappt.

Damit der Treibapparat sammt dem Kolben allmählig senkrecht niedersinke, ist der Läufer mit Eisenschie-

nen ausgerüstet, welche durch an der Blechröhre befestigte Klammern umfaßt werden. Um ferner den Kolbenaufgang zu begrenzen und das Aufschlagen des Kolbens auf den Cylinderdeckel zu vermeiden, hat man den Obertheil des Cylinders luftdicht verschlossen, und um endlich die Erschütterungen bei'm Aufschlagen des Rammbäres auf den Pfahl für den Kolben und dessen Stange möglichst unschädlich zu machen, ist die Verbindung dieser Stange mit dem Rammklotz durch Einlage von Pappelholzscheiben möglichst elastisch gemacht.

Die hier beschriebene Dampframme gehört schon zur Classe der locomobilen Dampfmaschinen, d. h. solcher, die mit oder ohne dem Apparat, dem sie als Motor dienen, auf ein fahrbares Gestell placirt, sich an jeden Ort, wo man temporär ihrer Hülfe bedarf, leicht hinfahren lassen. In der Land- und Hauswirthschaft, bei'm Bergbau, bei'm Eisenbahnbau, als Feuerspritzen, zum Wasserpumpen 2c., werden solche locomobile Dampfmaschinen jetzt häufig angewendet. Portative Maschinen nennt man dagegen alle solche, die leicht und ohne Demontirung versetzt werden können. Die Maschinenbauer haben sich neuerlich häufig mit der Herstellung solcher kleinen und brauchbaren Dampfmaschinen, besonders zum Betriebe von Werkzeugsmaschinen anwendbar, beschäftigt.

Es ist übrigens die Anfertigung solcher Maschinen durchaus nicht leicht, da bei solchen kleinen Maschinen von 1 bis 2 oder 3 Pferdekräften eigenthümliche Erfordernisse in das Auge zu fassen sind, um aus den verschiedenartigsten Systemen diejenigen Vorrichtungen auszuwählen und geschickt zu verbinden, durch welche denselben am Besten entsprochen werden mag.

Die wesentlichen Eigenschaften solcher kleinen Maschinen sind nachstehende: Zuvörderst sollen sie wenig Anlagekosten verursachen, sie sollen nur wenig Brennmaterial verbrauchen und nur wenig Platz einnehmen; sie sollen sich leicht behandeln lassen, selten in Unordnung kommen und wenig Reparaturen bedürfen. Es ist daher vor

allen Dingen auf eine möglichst einfache Construction zu sehen. Die Transmission wird nur selten mittelst eines Balanciers, sondern fast immer auf directem Wege bewerkstelligt werden, und um so einfacher werden können, da der Dampfcylinder an sich sehr kurz ist und daher ein fast beliebig schneller Kolbenwechsel erlangt werden kann.

Gewöhnlich wird man ohne Condensator und mit Hochdruckdämpfen arbeiten, da nur dann an vielen Orten eine Dampfmaschine betrieben werden kann. Gebraucht man bloß Wasser zur Dampferzeugung, so ist oft ein mäßig großer Behälter hinreichend, den man täglich ein- oder zweimal füllt. — Horizontale oder schwingende Cylinder sind unter sehr vielen Umständen höchst zweckmäßig. Die Steuerung ist ziemlich einfach, auch wenn der Dampf mit Expansion wirkt. Man kann alsdann die Wärme des entweichenden Dampfes noch zuweilen benutzen. — Den Kessel wird man möglichst raumersparend einzurichten suchen. Zur Vermeidung massiver Oefen wird man stets innere Feuerung anzuwenden suchen, weßhalb auch Röhren- und Wasserröhrenkessel zweckmäßig sind, obschon bei solchen Maschinen ein zu kleiner Wasser- und Dampfraum sorgfältig zu vermeiden ist.

Wir wollen nun mehre solche portative und locomobile Dampfmaschinen mit Hülfe der Figg. 89 bis 96 kennen lernen. Die Figg. 89 und 90 sind locomobile Maschinen, die zu land- und hauswirthschaftlichen Zwecken verwendet werden können, z. B. zum Dreschen von Heckfel-, Rüben- und andern Arten von Futterschneiden, zum Wasserpumpen 2c. Locomobile Feuerspritzen mit Dampfbetrieb haben eine ähnliche Construction wie Fig. 90. Zu beiden Seiten des Kessels sind, wie bei den Locomotiven, die Dampfcylinder angebracht; in gleichen Ebenen mit denselben liegen die Druckpumpen, und deren Pumpenkolben sind mit den Dampfkolben durch ein und dieselbe Stange verbunden. Das Wasser gelangt durch Zubringer oder am Zweckmäßigsten durch eine saugende Einrichtung der Pumpen selbst in die Cylinder, die mit

einem Windkessel und mit dem Schlauch verbunden sind, In London, wo von den Feuerassecuranzgesellschaften die Spritzen und ihre Bedienung unterhalten werden, ist auf den Feuerwehr-Stationen stets eine solche Dampfspritze angefeuert. Sobald nun Feuerlärm entsteht, werden Pferde vor das Locomobil gespannt, die Esse erhält durch die Bewegung mehr Zug, der Röhrenkessel erzeugt bald Dämpfe und am Ort der Feuersbrunst angelangt, kann die Spritze in Betrieb gesetzt werden, die dann mit einer Kraft von 3 bis 4 Pferden arbeitet und sehr gut wirkt. Bei stark entwickelten Feuersbrünsten sind die Dampfspritzen sehr zweckmäßig, sie können einen sehr starken Wasserstrahl auf bedeutende Höhen treiben und sehr gut schützen.

Die von Braithwaite in London für das Königl. Schloß, Opern- und Zeughaus, Bibliothek, Universitäts- und Akademiegebäude zu Berlin erbauete Dampfspritze, arbeitet mit 8 bis 12 Pferdekräften, saugt sich das Wasser aus Canälen, in die ihre Saugröhre gelegt wird, oder aus Röhren, die unter dem Straßenpflaster liegen und hin und wieder mit senkrechten Röhrenhälsen, an welche das Saugrohr der Spritze geschraubt wird, versehen sind, selbst an und treibt es durch vierzollige Schläuche bis auf 30 Fuß Höhe.

Fig. 91 ist eine transportable Maschine, um Berge oder Schutt aus Eisenbahn-Durchschnitten aufzuziehen.

Fig. 92 ist ein Aufriß von einer solchen transportabeln Maschine, um Wasser aus Steinbrüchen, nicht tiefen Schächten u. s. w. herauszupumpen.

Die Kessel, namentlich die durch die entweichende Flamme der Puddel- Schweiß- und Vercoakungsöfen gefeuerten, müssen durch besondere kleine transportable Dampfmaschinen gespeis't werden, die wir auch schon weiter oben erwähnt haben. Eine solche Dampfpumpe ist in den Figg. 93 und 94, nach Scholl, von Vorn und von der Seite dargestellt. Es ist dieses das Carett'sche System mit Windkessel für das Saugrohr sowohl als für das Druckrohr. — A Dampfcylinder auf der Bodenplatte B und mittelst diesen und den Ständern

C mit den Pumpenkasten D fest verbunden. E Dampfzuleitungsrohr, F Schieberkasten, G Schwungrad auf der gekröpften Welle H. Der Kurbelzapfen ist von einer Pfanne K umfaßt, die sich mit langen Flächen in den Leitrahmen I führt. Nach Unten geht der Druckkolben L, nach Oben die dicke Kolbenstange des Dampfkolbens ab. Die nun folgenden Buchstaben beziehen sich fast nur auf innere Theile des Pumpwerks: M Pumpenkörper, N Verbindungsweg von M mit dem Saugventil P, das durch das Rohr O aus Q, dem Windkasten, ansaugt. R Zuleitungs- oder Saugrohr. O reicht sehr nahe an den Boden des Windkessels. Aus M geht das Wasser durch S, das Steigventil und durch den Canal T in den Windkessel U für die Druckwirkung. Ein gußeiserner Scheider theilt den Kasten in die beiden Windkessel ab. V Druckröhre. — Pumpen nach diesem Systeme werden in der Regel von verschiedenen Größen, jedoch nicht über zwei Pferdekräfte stark, construirt; sie haben die Aufgabe, 100 bis 500 Cubikfuß Wasser in der Stunde 100 Fuß hoch zu liefern und sind auch als Dampfspritzen anwendbar.

Fig. 95 ist die Ansicht einer Dampfmaschine, die einen Ventilator betreibt, der Wetter aus einer Grube saugen soll.

Fig. 96 endlich ist der Dampfpflug des Engländers Usher. n ist der Dampfcylinder, der die Lenkstangen o in Bewegung setzt, die Kurbeln an einer Welle umdrehen, an der ein Getriebe p sitzt. Dieß greift in das Rad g′ und dieß seinerseits in ein Getriebe, an dessen Welle eine Scheibe a b mit den drei Pflugeisen e, e′, e″ sitzt, die in den Boden eingreifen und denselben lockern. Die Welle mit den Pflugeisen kann mittelst der Winde m, Zahnstange l und des Hebels i gehoben und gesenkt werden und die ganze, auf den Laufrädern b b bewegliche Maschine wird durch das Rad g an der einen Laufradaxe nach und nach von der rechten zur linken Seite geschoben.

Wir machen nun am Schlusse dieses vierten Capitels noch einige Bemerkungen über die Rad-, rotirende oder rotativen Maschinen. Die meisten Dampfmaschinen müssen nämlich, wie wir sahen, eine kreisförmige oder rotirende Bewegung machen, während die ursprüngliche aller Cylindermaschinen eine wiederkehrend geradlinigte ist, die daher erst in eine rotirende verwandelt werden muß. Dazu ist eine größere Complication und ein größeres Gewicht der Maschine, so wie auch ein mehr oder minder bedeutender Kraftverlust erforderlich. Das Auf- und Niederziehen des Balanciers und das Umtreiben der Kurbel erfordern schon eine gewisse Kraft; nun muß aber auch ihr Trägheitsmoment überwunden werden, da sie bei jedem Auf- und Untergange des Kolbens augenblicklich in Ruhe kommen, indem sie dann eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung wieder erhalten müssen. Das dazu behülfliche Schwungrad verbraucht auch noch Kraft. Es mußte daher bei den Maschinenbauern bald der Wunsch rege werden, eine unmittelbare rotirende Bewegung durch den Dampf hervorzubringen.

Obgleich schon seit Watt allein in England unzählige Patente für Vorrichtungen dieser Art genommen worden sind, so scheint jedoch bis jetzt noch keine derselben zur bleibenden Anwendung gekommen zu sein. Wir wollen mehre Maschinen dieser Art näher betrachten:

Schon die Aeolipila des Hero, die wir im ersten Capitel kennen lernten, ist eine solche Reactionsmaschine und eine neuere Abänderung ist die von Ruthven in Edinburg eingeführte Maschine von Avery. Sie besteht aus zwei hohlen Armen a b, Fig. 97, die an einer mittleren Röhre c angebracht sind, die sich um ihre Achse dreht und die Rolle e bewegt, von welcher ab die Kraft durch einen Riemen mitgetheilt wird. An entgegengesetzten Seiten von den Enden der Röhren oder Armen a b sind Oeffnungen angebracht. und indem der Dampf aus denselben in entgegengesetzten Richtungen entweicht, wie bei Hero's Maschine (Fig. 3), veranlaßt er eine

Umdrehung der Arme mit großer Geschwindigkeit; der Dampf wird den Armen durch die Röhre d zugeführt. Die Arme sind von einem Mantel f f umschlossen; der Dampf, nachdem er gewirkt hat, steht mit der Atmosphäre durch eine Röhre am Boden des Mantels in Verbindung. Die Kaltwasserpumpe wird durch ein Excentrik an der horizontalen Welle in Bewegung gesetzt. Obgleich mehre Maschinen dieser Art erbauet worden sind und ihre Leistungen gut gewesen sein sollen, da sie einfach und wohlfeil sind: so haben sie sich doch nicht weit verbreitet, da wesentliche Einwürfe dagegen gemacht werden konnten. Ein sehr wesentlicher besteht darin, daß der Dampf unter einem sehr hohen Druck verwendet werden muß, und daß die Kraft der Maschine durch die Länge der Arme, die eine gewisse Grenze nicht übersteigen darf, beschränkt wird. Die ungeheure Geschwindigkeit, mit der sich die Arme umdrehen, d. h. 3000 bis 4000 Mal in der Minute, veranlassen sehr häufige Reparaturen.

Zuweilen sind die rotirenden Maschinen nach dem Principe des Stoßes, wie das Branca'sche Dampfrad (Fig. 6) eingerichtet, so z. B. die in Fig. 98 abgebildete. a a ist das Fundament, welches das Dampfrad trägt, b b das Dampfrad mit Rudern oder Schaufeln am Ende der radialen Arme. Die Welle c ist durch das äußere, zu dem Ende mit Stopfbüchsen versehene Gehäuse geführt und die Bewegungsmittheilung erfolgt durch eine Scheibe oder ein Zahnrad. Im Innern des Gehäuses wird durch einen Condensator f, dem der Dampf durch die Röhre e zugeführt, eine Luftleere hervorgebracht; die Entleerung wird durch eine kleine doppeltwirkende Cylindermaschine bewirkt, welche die Luftpumpe bewegt. Es sind in England über diese Maschine sehr vortheilhafte Berichte bekannt geworden.

Watt erwähnt bereits in seinem Patent vom Jahre 1769 auch Maschinen dieser Art und machte auch manche mißlungene und gelungene Versuche damit. Wir wollen nur eine dieser Maschinen erwähnen, die von Murdoch, einem Ingenieur in seiner Fabrik, herrührt. Fig. 99 und

100 geben zwei verschiedene Ansichten von dieser Maschine. Der Dampf strömt durch die Röhre e ein und wirkt auf die vorspringenden Arme b der Walzen a a, die von dem Gehäuse d d umschlossen sind. Nachdem der Dampf auf die Walzen gewirkt hat, gelangt er mittelst der Röhre f in den Condensator, dessen Luftpumpe durch eine Kurbel am Ende der Welle a bewegt wird. Am Ende eines jeden Arms ist in einer Vertiefung (bb) eine Packung oder Liederung angebracht, um die Arme bei den Umdrehungen dampfdicht zu erhalten. Maschinen dieser Art haben eine große Reibung und erleiden bedeutende Dampfverluste.

Seit den Zeiten Watt's sind eine sehr große Menge rotirender Maschinen erfunden worden, von denen wir hier nur noch einige der neuen und sinnreichen betrachten wollen. Zu diesen gehört zuvörderst die in den Figg. 101 bis 103 abgebildete Maschine, die von Isaiah Davies in Birmingham erfunden worden ist und eine sehr bemerkenswerthe Construction hat. Fig. 101 giebt einen Querdurchschnitt dieser Maschine, die von der sogenannten doppelten Construction ist. Fig. 102 ist ein Endaufriß, der die Daumenbewegung zum Oeffnen und Verschließen der Ventile zeigt. Fig. 103 ist ein Grundriß, der den einen Cylinder im Aufriß und den andern im Durchschnitt zeigt. a ist die Hauptwelle der Maschine, welche die Kraft aufnimmt und sie überträgt. Zwei Kolben b werden durch drei Federn lose auf ihrer Welle geführt und die Kolben drehen sich mit der Welle, haben aber seitwärts einen gewissen Spielraum, d. h., sie können sich auf den Wellen innerhalb eines kleinen Raums vor- und rückwärts bewegen In diesem Punct sind die meisten Einwürfe gegen die rotirenden Maschinen gemacht worden, allein diese Seitenbewegung der Kolben verhindert deren Abnutzung und das nachtheilige Hängenbleiben. Durch die Einsetzplatten am Ende kann die sicherste Adjustirung aller Theile zur Vermeidung der außerordentlichen Abnutzung des Kolbens und der Cylinderenden, die so häufig bei diesen Ma-

schinen sind, erreicht werden. Die Kolben b sind auf dem größten Theil ihrer Peripherie cylindrisch, sind aber mit angemessenen Vorsprüngen versehen, die den wirksamen Druck des Dampfes aufnehmen, wie Fig. 102 zeigt. Die Kolbenachsen fallen mit den Cylindermittelpuncten zusammen und der Durchmesser der ersteren ist geringer als der der letzteren, so daß zwischen beiden ein ringförmiger Raum c bleibt. Die Kolben sind so auf der Welle angebracht, daß die Vorsprünge einander gegenüber liegen. Die Cylinder c c sind in gleicher Achsenlinie auf einem gußeisernen Fundament festgeschraubt und auch beide mit einander verbunden.

Den Querdurchschnitt Fig. 101 zeigt die Anordnung der Ventile zum Ein- und Auslassen des Dampfes. Die Dampfkammer d ist aus einem Stück mit dem Cylinder gegossen; das Dampfventil wird von der Spindel e bewegt und diese tritt vor den Vordertheil der Maschine vor; sie wird durch eine eigenthümliche Daumeneinrichtung bewegt. Der platte Dampfabschluß f, welcher auf einen beweglichen Theil wirkt, auf den der Dampf auf seinem Wege rings um den Kolben reagirt, besteht aus einem Stück mit dem platten Dampfventil. Der Dampf wird durch die Röhre g herbeigeführt, die an die untere Seite der Dampfbüchse mit dem Schieber h angeschraubt ist; dieser Schieber dient zum Aufhalten und zum Umsteuern der Maschine. Das Ventil wird durch ein kleines Handrad 2 an einer mit Schraubengewinden versehenen Spindel bewegt. Der Dampf verfolgt den, in Fig. 101 mit Pfeilen angegebenen Weg in den Cylinder, und nachdem er in demselben gewirkt hat, strömt er auf der andern Seite mittelst einer gleichen Einrichtung von Dampfwegen wieder aus, wie Fig. 103 zeigt. — Man ersieht aus dem Gesagten, daß die Maschine eine ziemlich verwickelte Einrichtung hat, und dieß war auch der Grund, weßhalb sie nicht in einen allgemeinen Gebrauch gekommen ist.

Eins von den erfolgreichsten Beispielen neuerlich construirter rotirende Dampfmaschinen, ist die, in Fig. 104 bis 106 abgebildete, elliptische rotirende Ma-

schine, die von dem Engländer William Hyatt für die ausgedehnte Essigfabrik von Champion in der Old Street Road in London construirt und 1853 in Betrieb gekommen ist.

Fig. 104 ist ein äußerer Längenaufriß der Maschine; Fig. 105 die rechtwinklig auf der vorigen stehende Endansicht, wobei der vordere Cylinderdeckel weggenommen worden ist, um das Innere des Cylinders und den Kolben sehen zu können; Fig. 106 ist ein Grundriß der Maschine.

Der an beiden Enden offene und mit zwei genau schließenden Deckeln versehene Dampfcylinder a liegt genau horizontal auf seiner Sohlplatte b und ist auf derselben durch die Lappen c festgeschraubt. Die horizontale Kolbenstange oder die Hauptmaschinenwelle d geht excentrisch durch den Cylinder und in der senkrechten Linie der kleineren Achse der Ellipse. Der gußeiserne, sich drehende Kolben e ist zweckmäßig geliedert und durch f mit der Welle, die dort viereckig ist, verbunden. Die Liederung des Kolbens besteht aus zwei metallenen Leisten g von der Länge des Cylinders, deren äußere vorspringende Oberfläche abgerundet ist, während die innere platte Seite in kleine Vertiefungen h tritt. Die wirkliche Liederung bilden aber die Metallstreifen i, deren innere Seiten auf den äußeren abgerundeten der Stücke g angebracht worden sind; am Ende der Streifen wird die Liederung durch die kleinen Messingplatten k bewirkt.

Die Kolbenstange oder Welle geht durch Stopfbüchsen l und ist mit einem Schwungrade m und mit einer schweren Riemenscheibe versehen, welche an gewissen Stellen hohl gegossen ist und als Gegengewicht des Kolbens dient; zwischen dem Schwungrade und dem Riemen liegt die Welle in einem Zapfenlager n. Wenn nun ein Ende der Welle zum Betriebe benutzt wird, so sind keine Arbeitsventile bei der Maschine erforderlich, indem der Dampf durch einen constanten Strom durch die beiden Wege o eingelassen wird, da die einzige Veränderung des Dampfes dann Statt findet, wenn f horizontal liegt, indem

dieß der todte Punct der Maschine ist; beide Wege sind alsdann verschlossen. Zum Umsteuern kann ein sogenannter Dreiweghahn angewendet werden. Zum Schmieren ist der Oelbehälter p angebracht, der mit einem Hahn q und mit den Röhren r versehen ist. Die Länge des Cylinders beträgt 24, der Durchmesser $20\frac{1}{8}$ Zoll in der größern und $18\frac{5}{8}$ Zoll in der kleineren Achse der Ellipse. Die Leistung der Maschine soll die von 30 Pferdekräften sein.

Das Gesagte wird hinreichend sein, um einen richtigen Begriff von dieser Art von Dampfmaschinen gegeben zu haben.

Fünftes Capitel.

Von den Schiffs-Dampfmaschinen.

Einige allgemeine Bemerkungen über die Dampfschifffahrt.

Das erste Dampfschiff brachte im Jahre 1807 der Amerikaner Robert Fulton zu Stande, obgleich vor ihm viele Andere es versucht hatten, Schiffe durch Dampf zu betreiben und Manche, die schon auf gutem Wege waren, wie z. B. C. Oliver Evans, nur durch zufällige Umstände an der Lösung der Aufgabe verhindert wurden. Ja man behauptet, daß der Amerikaner Stevens fast gleichzeitig mit Fulton ein Dampfschiff gebauet habe.

Schiffe statt der gewöhnlichen Ruder mit Ruderrädern zu betreiben, die durch Menschen oder andere Kräfte bewegt werden, hatte man schon seit Jahrhunderten vorgeschlagen; man hatte von verschiedenen Seiten eine Menge von derartigen Versuchen gemacht, die aber

sämmtlich mehr oder weniger mißlangen und nur durch die Jahrbücher der Erfindungen zu uns gelangt sind.

Fulton, 1765 in Pennsylvanien geb., kam früh nach England und verdiente sich sein Brod mit Malen; doch zog ihn entschiedene Neigung zur Mechanik und am Ende der Achtziger Jahre beschäftigte er sich, von Lord Stanhope unterstützt, mit der Erfindung eines Dampfschiffes. Als er aber in England zu wenig Unterstützung fand, ging er 1790 nach Paris, beschäftigte sich mit der Erfindung von Kriegsfahrzeugen, später aber, nachdem er durch Livingston, dem damaligen amerikanischen Gesandtenbei der Republik bekannt geworden war, auf's Neue mit Herstellung eines Dampfschiffes. Obgleich er nun ein solches 1803 auf der Seine zu Stande gebracht haben soll, so wurde er doch vom ersten Consul als Schwindler behandelt und konnte keine Unterstützung erlangen. Nachdem nun sein Gönner Livingston in England eine neue 20pferdige Dampfmaschine für ihn bestellt hatte, ging er 1806 nach den Vereinigten Staaten zurück, woselbst er nun ruhig fortarbeitete und am 3. October 1807 mit seinem Dampfschiffe die Bucht von Newyork befuhr und wenige Tage darauf auf dem Hudson die Reise nach dem 31 deutsche Meilen entfernten Albany in 32 Stunden, ohne Unfall vollbrachte. Fulton wurde mit Ehren überhäuft; er war in Begriff, eine große Dampffregatte zu erbauen, als er 1815 in Folge eines Fiebers starb. — Seine Erfindung war für kein Land so wichtig als für die Vereinigten Staaten: Nirgends findet sich eine so geringe Bevölkerung mit allen Bedürfnissen civilisirter Völker auf eine so große Bodenoberfläche verbreitet, auf der nirgend gute Landstraßen vorhanden sind. Dagegen durchziehen große Flüsse das Land; sie sind breit, tief und ohne bedeutenden Fall und die sie begrenzenden Wälder enthalten einen trefflichen und wohlfeilen Brennstoff. Daher denn die Dampfschifffahrt nirgends so begünstigt ist, wie gerade in Nordamerika; sie breitete sich daher in wenigen Jahren ganz außerordentlich aus.

Prof. Bernoulli (Handbuch der Dampfmaschinenlehre, S. 344 rc.) sagt darüber das Folgende:

„1810 kam das erste Dampfschiff den Ohio hinab nach Neworleans. 1815 waren ihrer erst 4 und 1822 schon an 70 bloß auf dem Mississippi. Ehemals mußten die Mississippiländer alle ihre Bedürfnisse aus dem Osten beziehen; ein Schiff von Neworleans bis an die Ohiokatarakten brauchte 3 bis 4 Monate Zeit; jetzt wird dieser Weg von 1650 Meilen in 12 bis 14 Tagen zurückgelegt. Anfangs 1839 betrug die Zahl nach einem amtlichen Verzeichnisse schon über 700, aber 1852 gab ein ebenfalls amtlicher Bericht überhaupt 1390 an, nämlich 96 Oceandampfer, 119 Schraubenschiffe, 130 Dampffähren und 1045 gewöhnliche Dampfschiffe. Wie die Flüsse, befahren sie alle Küsten und die innern Seen und legen gewöhnlich 8 bis 10 Meilen in der Stunde zurück, fahren aber oft noch weit schneller. 1832 machte das Schiff Champlein die Reise von Newyork nach Albany in 8¼ Stunden! Fast eben so allgemein sind Dampfschiffe auch im britischen Nordamerika.

1817 passirte das erste amerikanische Schiff — die Savannah von 350 Tonnen —, freilich nur zum Theil mittelst Dampfkraft, das Atlantische Meer, und fuhr noch bis nach St. Petersburg. Seit 1818 gehen regelmäßige Dampfschiffe von Newyork nach Neworleans.

In England wurden die ersten Dampfboote erst im Jahre 1812 von Bell, Davison und Thomson gebaut. Das erste ging auf dem Clyde als Wasserdiligence nach Greenock; im folgenden Jahre sah man das erste auf der Themse.

Bald darauf wurden mehre und größere Fahrzeuge erbauet, und wie die amerikanischen mit ausgesuchter Eleganz mit allen Bequemlichkeiten ausgerüstet. Nach öffentlichen Berichten zählte England 1824 160, 1832 gegen 500, und 1839 mit Inbegriff der königlichen über 900 Dampfschiffe. Seit jener Zeit muß sich aber die Anzahl sehr wesentlich vermehrt haben; da es jetzt in

der Kriegsmarine schon eine sehr bedeutende Anzahl von Schraubendampfern hat.

Allmählig wagten sich auch die amerikanischen Dampfschiffe auf das Meer. Die erste Reise von Dublin nach London (760 Meilen) machte der Weld und brauchte dazu 121 Stunden. Das Schiff hatte eine 14 pferdige Maschine und 11 Fuß hohe Räder von Eisenblech. Im März kam das erste Dampfschiff, die Elisa, nach Frankreich.

Es wäre schwer, die Geschichte der ferneren Ausbreitung der Damdfschifffahrt mit einiger Vollständigkeit verfolgen zu wollen; wir begnügen uns hier mit der Mittheilung einiger weniger Daten:

1817 befuhren einige Dampfschiffe die Spree und die Havel bei Berlin und bei Potsdam;

1821 waren schon 6 Dampfschiffe in Bordeaux, und 1823 bekam Martinique zwei Dampfschiffe;

1823 ging das erste Dampfschiff von Wien nach Ofen und wieder zurück.

1822 erhielten der Bodensee (auf dem jetzt deren 18) und der Genfersee die ersten Dampfschiffe, und bald wurden auch der Comer- und der Langensee davon befahren.

1824 kam eine regelmäßige Dampfschifffahrt zwischen Marseille, Neapel und Palermo zu Stande.

1829 ließ die holländische Regierung ein Dampfschiff zur Reise nach Batavia erbauen, das 250 Fuß lang war und 3 Maschinen, jede von 100 Pferdekräften, erhielt.

1825 machte die Entreprise, ein Dampfschiff von 500 Tonnen und 150 Fuß Länge, die erste Reise von London nach Calcutta. Es hatte zwei Maschinen, jede von 60 Pferdekräften und Segel, von denen es um so öfter Gebrauch machte, da die Reise über die Erwartung lange dauerte. Am Cap wurden neue Kohlen eingenommen. Die ganze Reise, ein Weg von 11200 Meilen, dauerte etwa über 100 Tage.

1830 landete das erste Dampfboot in China.

1838 machten zuerst Dampfschiffe, ohne der Mit-

hülfe von Segeln zu bedürfen, regelmäßig die Ueberfahrt von England nach den Vereinigten Staaten.

Während ein solches Unternehmen noch allgemein für unausführbar gehalten worden, vollzogen im April 1838 zwei zu diesem Ende ausgerüstete Dampfschiffe, der Sirius von 220 Pferdekräften und der Great-Western von 450 Pferdekräften, einzig durch Dampf sich fortschaffend, die Fahrt nach Newyork in 17 bis 18 und wieder zurück in 15 Tagen; und 1844 schon hatte das letztere große Schiff nicht weniger als 35 Hin- und Herfahrten immer glücklich ausgeführt, und durchschnittlich kaum 13 Tage gebraucht, während Segelschiffe meist 30 bis 36 Tage zur Ueberfahrt brauchen.

1840 endlich kam das erste Schraubendampfschiff zu Stande, eine Erfindung, mit der eine neue Aera für die Kriegsmarine begann."

Ueber die große Wichtigkeit der Handelsdampfschifffahrt Englands bemerken wir aus einer Arbeit des Baron Carl Dupin (in Dingler's Jonrnal, Bd. 133, S. 321) Folgendes: Von größter Wichtigkeit waren die besondern Unternehmungen, welche sich zum beschleunigten Transport von Briefschaften und Reisenden in den verschiedenen Meeren gebildet haben. Es haben sich mit bedeutenden Mitteln ausgestattete Gesellschaften constituirt, um Dampfschiffe von sehr verschiedener Größe und Kraft, je nach den zu durchfahrenden Entfernungen, zu erbauen und in See zu schicken.

Die ersten Unternehmungen dieser Art hatten eine beschleunigte Verbindung zwischen England und Amerika zum Zweck. — Die britische Admiralität mußte einer Dampfschifffahrts-Gesellschaft eine jährliche Subvention von 6 Millionen Francs dafür zahlen, daß sie Briefe und Personen zwischen England, Südamerika und den Antillen fuhr; für den Segelboot-Transport wurden früher 4,000,000 Fr. bezahlt. Die Dampfschiffe waren klein und fuhren 2 deutsche Meilen, d. h. 8 Knoten, in der Stunde. Anfangs erforderte dieß Unternehmen bedeutende Kosten, allein durch die rasche Zunahme des

Handels zwischen England und Südamerika wurde es endlich vortheilhaft.

Eine wichtigere und besser bediente Linie war die zwischen Liverpool, Halifax, Boston und Newyork; auf derselben erfolgten in den 9 Sommermonaten wöchentlich eine und während drei Monaten alle 14 Tage eine Reise. Die dazu verwendeten Dampfschiffe wurden mit einer Kraft von 650 Pferden betrieben; das Verhältniß der Breite zur Länge dieser Schiffe war das von 1 zu 6 oder $6\frac{1}{2}$; die mittlere Geschwindigkeit betrug $4\frac{3}{4}$ Lieues in der Stunde. Die Subvention war im Allgemeinen geringer als die oben erwähnte.

1850 trat eine amerikanische Gesellschaft, mit Hülfe einer sehr bedeutenden Subvention der republikanischen Regierung, welche doppelt so hoch als die englische war, mit der englischen Gesellschaft in die Schranken. Die Dampfboote hatten eine Tragkraft von 2400 Tonnen und eine Triebkraft von 960 Pferden; sie bestanden aus Eisen, das Verhältniß der Breite zur Länge betrug — zur Beschleunigung der Geschwindigkeit — 1 zu 7; der mittlere Dampfdruck wurde von 4 Pfd. auf den Quadratzoll auf 14 Pfd. erhöhet und die mittlere Geschwindigkeit betrug 3 preußische Meilen in der Stunde. Die Schiffe waren mit dem größten Luxus eingerichtet.

Seit 1850 hat sich aber auch in Glasgow eine Gesellschaft gebildet, die ohne Subvention der Regierung zwischen England und Nordamerika mit Schiffen fährt, die aus Eisen erbauet, mit Schrauben versehen und ohne Luxus eingerichtet sind. Für 1600 Tonnen Gehalt beträgt die Triebkraft nur 300 Pferde und es werden in der Stunde 8 Knoten gemacht, statt daß die subventionirten Schiffe mit einer Geschwindigkeit von 10 bis 11 Knoten fahren. Die Gesellschaft spart an Geschwindigkeit und folglich auch der Triebkraft das ihr entgehende Aequivalent der Unterstützung.

Die Frachten zwischen England und den Vereinigten Staaten: 1) der Segelfahrzeuge, 2) der Schraubendampfschiffe von mittlerer Geschwindigkeit und 3) der

Raddampfschiffe mit großer Geschwindigkeit, betrugen zu Anfang des Jahres 1853 beziehungsweise 31, 78¾ und 105 Francs!

Es ist gewiß ein bewunderungswürdiges Resultat, daß in so wenig Jahren in den drei britischen Königreichen die Gesammtkraft des auf die Meeresschifffahrt verwendeten Dampfes bereits im Jahr 1851 auf 60,000 Pferde gebracht wurde, welche jährlich 3 bis 400,000 Personen, eine Menge Briefe und Güter, nach allen Theilen der Welt befördern!

Besondere Erfordernisse einer Schiffsdampfmaschine. — Man kann ein Schiff entweder durch einen auf ihm selbst angebrachten Bewegungsapparat, oder mit Hülfe eines Seils von der Stelle entfernen, welches letztere von einer Dampfmaschine aufgewunden wird. Schiffe der letzteren Art, mit Maschine und Seilwinde versehen, während man das Seilende am Lande befestigte, sind soviel als gar nicht in Gebrauch gekommen.

Es sind daher die Dampfschiffe ganz freie und vom Lande ganz unabhängige Fahrzeuge, die mit einer Dampfmaschine und einem selbstthätigen Apparat zur Ortsveränderung versehen sind. Dieser Triebapparat bestand bis vor 12 bis 15 Jahren aus Rädern mit Schaufeln oder Rudern, welche zu beiden Seiten des Schiffs an einer Welle sitzen; denn Schiffe mit nur einem Rade in der Mitte sind, weil sie viel Unbequemes hatten, nur sehr einzeln angewendet worden. Später gelang es aber, die Ruderräder durch eine am Hintertheile des Schiffes angebrachte Wasserschraube zu ersetzen und man unterscheidet daher jetzt Ruder- und Schrauben-Dampfschiffe.

Andere Verschiedenheiten dieser Fahrzeuge werden durch ihre verschiedenartige Bestimmung bedingt und es betrifft dieß sowohl die Construction der Schiffe, als auch die der Maschinen. Die Dampfschiffe sind daher verschieden, je nachdem sie Canäle, Flüsse, Seen oder Meere befahren, je nachdem sie kurze oder lange Fahrten

machen, je nachdem sie Personen oder Waaren transportiren, je nachdem sie nur zu diesen Zwecken oder zum Kriege dienen sollen. Außer den Maschinen, den Rädern oder Schrauben, oder beiden zusammen, sind auch die das Meer und große Seen oder Flüsse befahrenden Schiffe noch mit Segelwerk versehen. Manche nehmen die Ladungen nicht selbst auf, sondern dienen nur zum Bugsiren oder Schleppen anderer Transportschiffe, da, wo diese nicht segeln können, oder das Dampfschiff nimmt andere ins's Schlepptau.

Die an alle Schiffsmaschinen zu machenden Anforderungen sind nach Bernoulli (a. a. O. S. 348) nachstehende: das Schiff muß nicht allein den Motor und die Triebräder, sondern auch das zur Speisung von jenem erforderliche Brennmaterial für die Dauer jeder Fahrt, mit sich führen, wodurch das benutzbare Tragvermögen und der verfügbare Raum sehr beschränkt werden. Es muß daher bei Schiffsmaschinen ganz besonders auf möglichste Gewichts- und Raumverminderung gesehen werden und aus diesen Gründen auch auf Verminderung des Brennmaterialverbrauchs. Gerade die entgegengesetzten Bedingungen machen aber die Sicherheit, die Kraft, Festigkeit und die Stabilität der Maschine.

Schiffsmaschinen müssen ungewöhnlich stark sein, da wir von den Schiffen eine bedeutende Geschwindigkeit verlangen, die erforderliche Kraft aber fast im kubischen Verhältnisse mit der Beschleunigung wächst und auch ein großer Theil der Kraft dadurch unnütz verloren geht, weil das Wasser, auf das Schaufeln und Schrauben als Stützpunct wirken, zurückweicht. — Da das Wasser die ganze Last des Schiffes trägt, so muß, um es fortzuschaffen, jenes verdrängt werden und dazu und zur Ueberwindung der Reibung der Wände ist die Kraft erforderlich. Die Größe derselben hängt zunächst von der Größe des eintauchenden Querschnitts und der Gestalt des Schiffes ab. Auf die Form desselben kommt daher viel an, besonders, wie schon weiter oben bemerkt wurde, auf das Verhältniß der Breite zur Länge; es kann in

Folge der Form den Bedarf an Kraft gar sehr vermehrt oder vermindert werden. Bei günstiger Form ist der Widerstand ungleich geringer. Der Widerstand des zu verdrängenden Wassers steigt im quadratischen Verhältnisse der Geschwindigkeit, weil bei einer doppelten und dreifachen es nicht nur zwei oder dreimal mehr Wasser, sondern dieses auch zwei oder dreimal schneller weichen muß. Ist nun der Widerstand vier- oder neunmal größer, so wird die Kraft zwei- oder dreimal größer sein müssen, weil der Widerstand in um so viel weniger Zeit überwunden werden soll. Eine zwei- bis dreimal größere Geschwindigkeit erfordert also eine acht- bis siebenundzwanzigmal stärkere Maschine, wenn auch der Reibungswiderstand auf gleiche Weise zunimmt.

Größtmögliche Geschwindigkeit ist Hauptbedingung für die Dampfschifffahrt, denn nur bei dieser hat sie entschiedene Vorzüge vor der Segelschifffahrt. Auf dem Meere soll uns die Dampfkraft von allen Launen der Winde unabhängig machen, es soll das Schiff bei Windstille seinen Weg eben so fortsetzen können, als bei heftigen Gegenwinden. Flußschiffe müssen auch stromaufwärts fahren und ihre virtuelle Geschwindigkeit muß daher die des Stromes weit übertreffen. Dazu ist aber eine um so größere Maschinenkraft erforderlich, weil sowohl Schaufeln als Schrauben gegen bewegliche Stützpuncte wirken. Die Erfahrung hat daher auch gezeigt, daß bei einer Geschwindigkeit des Schiffes von 10 Meilen in der Stunde die der Radperipherie wenigstens 13 bis 14 Meilen betragen müsse, d. h., daß erstere meist um $\frac{1}{3}$ kleiner als die der Räder ist. Ueberdieß nehmen Tragfähigkeit und Räumlichkeit eines Schiffes in weit stärkerem Verhältniß zu, als der Widerstand und es sind daher große Schiffe weit vortheilhafter als kleine. Daher sehen wir Flußschiffe von 80 bis 100 und Meeresschiffe von 600, 800 ja 1000 Pferdekräften.

Da nun ferner Schiffsmaschinen keine feste, unverrückte Stellung behaupten können, sondern an allen Schwankungen der Schiffe Theil nehmen müssen, so kann

ihr Betrieb kein so regelmäßiger und gleichförmiger sein. Während Seeschiffsmaschinen oft wochenlang ununterbrochen arbeiten müssen, sehen sich dagegen Flußdampfböte oft genöthigt, in einer Stunde mehrmals anzuhalten. Eine Schiffsdampfmaschine muß vor- und rückwärts gesteuert werden können, sie muß vorübergehend oft mit gesteigerter Kraft arbeiten. Aus allen diesen Gründen, weil sie oft sehr starken Erschütterungen ausgesetzt und Reparaturen, vom Lande entfernt, doppelt schwierig sind, müssen die Schiffsmaschinen sehr solid und sicher construirt sein.

Der Bau der Dampfschiffe braucht nicht stärker als der der Segelschiffe zu sein, allein um sie leichter, räumlicher und dauerhafter zu machen, verfertigt man die Schale jetzt häufig aus möglichst großen, ½ Zoll starken Blechplatten; damit aber ein Leck weniger nachtheilig ist, wird der Raum zuweilen durch wasserdichte Scheidewände in mehre Abtheilungen getrennt. — Zur Verminderung der Druckfläche macht man die Dampfschiffe, wie schon bemerkt, verhältnißmäßig sehr lang, d. h., Seeschiffe 5 bis 7 und Flußschiffe 10 bis 12 Mal so lang als breit.

Kessel und Maschine befinden sich hauptsächlich im mittlern Theile des Schiffraums, die Welle liegt aber dem Vordertheil etwas näher. Die Räder haben 12 bis 20 hölzerne oder blecherne Schaufeln und stehen so hoch, daß gleichzeitig nur 3 Schaufeln eintauchen. Zur Verminderung der durch das Eintauchen entstehenden Erschütterung wendet man oft Räder an, deren Schaufeln in zwei oder drei Theile getheilt sind und nach und nach eintauchen, oder deren Schaufeln sich bei'm Ein- und Austauchen drehen, und außerdem stellt man die beiden Räder so, daß ihre Schaufeln nicht ganz in derselben Ebene liegen.

Das gewöhnliche **Brennmaterial** der Dampfschiffe sind Steinkohlen und Anthracit und nur viele americanische brennen Holz; auch hat man mit Vortheil künstliche Brennstoffe angewendet, die mehr Heizkraft haben, da es auf den Preis gar nicht so sehr ankommt.

Ueber die Tragkraft, Stärke und die Größe des Kohlenverbrauchs lassen sich gar keine allgemeinen Regeln aufstellen. Bei Flußschiffen rechnet man auf 2, bei Seeschiffen auf 3 bis 4 Tonnen Tragfähigkeit, 1 Pferdekraft, und auf eine Pferdekraft in der Stunde 8 bis 10 Pfd. gute Steinkohlen, so daß ein Schiff von 700 Tonnen zwei Maschinen zusammen von 200 Pferdekräften bedarf, die in 24 Stunden an 500 Ctr. Steinkohlen verzehren. Für das Gewicht der Maschine und des Kessels rechnet man auf die Pferdekraft ¾ Tonnen oder 15 Ctr. Man sieht demnach, daß, so bedeutend diese Last auch ist, Fahrten von langer Dauer hauptsächlich wegen des nothwendigen Brennmaterials erschwert werden, Schiffe hingegen, die sich mit einem nur geringen Vorrath beladen müssen, in ungleich günstigern Verhältnissen stehen.

Die Kessel der Schiffsmaschinen haben manche Eigenthümlichkeiten, wie wir auch schon im zweiten Capitel des Werkes sahen. Ganz allgemein sind innere Feuerungen und stets müssen sie so eingerichtet sein, daß sie auch zu ungewöhnlichen Leistungen das erforderliche Dampfquantum aufzubringen vermögen, daß sie nie unbrauchbar werden und bei allen Lagen des Schiffes völlige Sicherheit gewähren. Die meisten dieser Kessel bestehen aus starkem Eisenblech, manche aber auch aus Kupferblech, indem dasselbe dauerhafter ist und durch das Meerwasser leidet. — Röhrenkessel kommen jetzt umsomehr in Anwendung, da man auch immer mehr Hochdruckdämpfe zum Betriebe der Schiffe benutzt. Auf großen Schiffen sind oft 6 bis 8 und mehr Kessel, die miteinander in Verbindung stehen, nach Bedürfniß aber einzeln außer Betrieb gesetzt werden können. Jeder Kessel hat zwei, selbst drei Feuerstellen. Bei dieser Einrichtung haben auch die ungünstigsten Lagen der Schiffe wenig Einfluß auf die vielen einzelnen Wasserniveaus und wird eine beliebige Verstärkung oder Verminderung der Dampfproduction eher möglich. Die Beobachtung des Wasserstandes hat dieser Schwankungen wegen aber immer Schwierigkeiten; Schwimmer sind unbrauchbar und um so nö-

thiger ist es daher, jeden Kessel mit Probehähnen und Wasserstands- oder Visirröhren zu versehen.

Die Herbeischaffung des erforderlichen Wassers hat bei Schiffsmaschinen keine Schwierigkeiten; man wendet daher fast allgemein, selbst bei Hochdruckmaschinen Condensation an, und nur auf manchen der westlichen Flüsse der Vereinigten Staaten ist dieß nicht der Fall, weil die Maschinen dadurch vereinfacht werden, das Holz wohlfeil und das Wasser häufig sehr trübe ist.

Ein sehr wesentlicher Uebelstand für die Meeresdampfschiffe ist der Salzgehalt des Meerwassers; denn obgleich derselbe meist kaum 3% beträgt und das Wasser zur Sättigung nahe an 30% bedarf, so erzeugt die rasche Verdampfung doch bald einen Niederschlag, und der Kessel belegt sich mit einer harten Salzrinde, dem sogenannten Kesselstein. Die Reinigung der Kessel von diesen Niederschlägen erfordert deren Betriebseinstellung, die natürlich oft gar nicht möglich, ist und es ist daher wenigstens unerläßlich, von Zeit zu Zeit das salzreiche Bodenwasser auszublasen oder auszupumpen.

Eine einfache und doch wirksame Condensationsmethode, ohne Injection, wie z. B. die von Hall vorgeschlagene mittelst Röhren, ist daher bei Schiffsmaschinen von Wichtigkeit, nur scheinen solche Apparate bis jetzt wenig in Anwendung gekommen zu sein. Dagegen verdient das Verfahren des französischen Bergingenieurs Cousté, welches derselbe erst neuerlich in den Annales des Mines, 5. Reihe, 1854, 1. Lief. S. 69 bekannt gemacht hat, eine wesentliche Beachtung, weßhalb wir uns auch, der Wichtigkeit des Gegenstandes wegen, etwas näher dabei aufhalten wollen.

Der Kesselstein besteht hauptsächlich aus schwefelsaurer Kalkerde (81 bis 85 Proc.) und als Beimengungen treten kohlensaure Talkerde, freie Talkerde, Eisen und Aluminium auf. Außerdem findet man aber am Boden des Kessels, zwischen den Nieten und auf den horizontalen Flächen eine schlammige Ablagerung, welche in sehr verschiedenen Verhältnissen aus schwefelsaurer Kalkerde,

freier Talkerde, kohlensaurer Talkerde und Spuren von Eisen, Aluminium und organischen Stoffen besteht. Auch dieser Schlamm, wie die festen Niederschläge, enthalten keine kohlensaure Kalkerde, weil der Kalk und die Schwefelsäure in solchen Verhältnissen darin enthalten sind, daß sie sich gegenseitig neutralisiren. Hieraus folgt die wichtige Thatsache, daß die Absätze in den mit Meerwasser gespeis'ten Dampfkesseln, sowohl feste als schlammige, frei von kohlensaurer Kalkerde sind. — Dagegen enthalten alle süßen Gewässer in ihrem natürlichen Zustande doppeltkohlensauren Kalk.

Durch eine Untersuchung der Löslichkeit der schwefel- und kohlensauren Kalkerde gelangte Hr. Cousté zu nachstehenden Resultaten: — 1) Die schwefelsaure Kalkerde, sowohl im Meere als in süßem Wasser, ist in der Hitze weniger löslich als in der Kälte; — 2) schwefelsaure Kalkerde wird bei einer Temperatur von 140 bis 150° C. vollständig unlöslich; — 3) kohlensaure Kalkerde ist im reinen Wasser ein Wenig löslich, allein diese Löslichkeit nimmt mit steigender Temperatur schnell ab und wird bei 150° Null.

Hierauf gründet Cousté sein Mittel gegen die Kesselsteinbildung. Läßt man das Wasser, ehe man es in den Dampferzeugungsapparat einführt, einige Augenblicke unter einem Drucke von 5 Atmosphären (entsprechend 150°) in einem besondern Gefäße, dem Ueberhitzer, sieden und filtrirt dasselbe, um es von seinem Niederschlage zu trennen, so wird dasselbe frei von Kalk und kann keinen Kesselstein absetzen. Gewiß wird die Anbringung von Ueberhitzern bei den Schiffsdampfkesseln von sehr großem Nutzen sein.

Bis vor einer Reihe von Jahren wurden die europäischen, namentlich die englischen Dampfschiffe ausschließlich mit Niederdruckmaschinen betrieben, und auch jetzt noch werden die Hochdruckmaschinen von Vielen für zu gefährlich angesehen, obgleich diese Ansicht sich kaum begründen läßt. Wenn in den Vereinigten Staaten, namentlich auf den westlichen Flüssen, deren Dampfboote

fast allgemein mit Hochdruckmaschinen betrieben werden, sehr häufig Explosionen vorkommen, so erklärt sich dieß genugsam aus der bekannten Sorglosigkeit und Dreistigkeit der Amerikaner. Fehlerhafte Kessel werden oft mit einer Dampfspannung von zehn und mehr Atmosphären betrieben, kann man sich da über Explosionen wundern? Hoch- und Mitteldruckmaschinen, besonders letztere, kommen aber in Europa immermehr in Gebrauch, denn sie gestatten eine große Ersparniß an Raum und Brennmaterial und gewähren bei guter Construction und sorgsamer Wartung, vollkommene Sicherheit.

Ein Kugelregulator ist bei Schiffsmaschinen weder nöthig noch überall anwendbar, dagegen werden mehre Pumpen zweckmäßig. Die Maschine hat außer der erwähnten Schlammpumpe eine Pumpe zur Herausschaffung des Kielwassers, sowie zur zeitweisen Reinigung des Decks, auch eine Pumpe zur Herausschaffung des eindringenden Wassers, und nöthigenfalls eine Feuerspritze, in Bewegung zu setzen. Eine Handpumpe wird zur Kesselspeisung angewendet, sobald die Maschine still steht.

Wir wollen nun mehre von den neuesten und wichtigsten Schiffsdampfmaschinen kennen lernen. Man unterscheidet zuvörderst die zum Betriebe der Ruderräder und die zum Betriebe der Schrauben angewendeten Maschinen.

Die auf Ruderradschiffen angewendeten Maschinen sind zweierlei Art, entweder solche mit Balanciers oder direct wirkende. Die Einrichtung einer Balanciermaschine wird aus dem Aufrisse Fig. 107 deutlich. Man sieht, daß eine solche Maschine große Aehnlichkeit mit einer stationären Landmaschine hat, daß aber der Balancier nicht oben, wo es an Platz fehlt, sondern unten zur Seite angebracht worden ist. Der Cylinder befindet sich bei a a; b b ist der Balancier, c die Dampfpfeife, d d die Seitenstange, welche das Ende des Balanciers mit dem Querhaupt der Kolbenstange e verbindet; f die Pa-

rallelbewegung; g die Kurbelstange, welche das andere Ende des Balanciers mit der Kurbel h an der Radwelle verbindet; l Ruderradwelle, m Excentrikstange; n o p Hebel, um die Maschine mit der Hand zu steuern; r r Luftpumpe des Condensators, deren Betrieb vom Balancier ausgeht, und dem die senkrechten Stangen mit dem Querhaupt der Luftpumpen-Kolbenstange verbunden sind; s s Windkessel, t t Gerüst der Maschine.

Durch Figur 108 wird die Verbindung des Cylinders, Condensators und der Luftpumpe erläutert. a Cylinder, b Kolbenstange, c der untere und d der obere Dampfweg. e Canal, der zum Condensator f führt. Zwischen dem Condensator f und dem Ausströmungscanal ist ein Scheider angebracht, um es zu verhindern, daß das Injectionswasser nicht in den untern Theil des Cylinders läuft; g die Luftpumpe, h i das Luftgefäß. In der Luftpumpe ist am Boden ein Ventil angebracht, welches sich nach Aufwärts öffnet; durch dasselbe kann das Wasser aus dem Condensator in die Luftpumpe gelangen, jedoch nicht zurückgehen. Ein anderes Ventil ist am Eingange der Heißwasserröhre h angebracht. Dadurch wird das Wasser in dem Kegel zurückgehalten und es wird dadurch der Luftpumpenkolben von einer großen Belastung befreiet. In der Warmwasserröhre h befinden sich zwei Oeffnungen, die eine größer als die andere; die kleinere steht mit der Druckpumpe in Verbindung, die den Kessel speis't, die andere mit dem Fahrwasser des Schiffs, indem derjenige Theil des Condensationswassers dadurch entweicht, der nicht zur Kesselspeisung erforderlich ist.

An dem Dampfcylinder sind Ventile angebracht, durch welche das Wasser, welches sich in demselben gesammelt hat, ablaufen kann. Das Abflußventil am Boden des Cylinders ist mit einem Gewichte belastet, welches schwerer als der Druck des Dampfes in dem Kessel ist; denn wenn diese Vorsichtsmaßregel nicht angewendet worden wäre, so würde der in den Cylinder strömende Dampf hindurchgehen. Das obere Ausfluß-

ventil ist gewöhnlich in dem Cylinderdeckel angebracht und ist mit einer Feder belastet. Bei manchen Maschinen sind diese Ventile an den Dampfwegen angebracht und werden durch Federn geschlossen gehalten.

Fig. 109 zeigt die Einrichtung der Maschine mit Seiten=Balanciers zur Bewegung der Schieberventile; f ist das Ende des Querhauptes von der Ventilstange, e e Seitenhebel, die mit dem Ende d der schwingenden Welle a verbunden sind, deren Drehungspunct bei b ist und die von dem Excentrikhebel c abwechselnd auf und nieder bewegt wird; mit c ist die Excentrikstange verbunden. g ist das Gegengewicht, wodurch, wenn die Maschine still steht, das Schieberventil in eine solche Lage gebracht wird, daß beide Dampfwege verschlossen sind. Soll die Maschine in Betrieb gesetzt werden, so wird die schwingende Welle mittelst eines daran angebrachten Hebels mit der Hand bewegt. An manchen Maschinen befindet sich statt des Hebels auch ein senkrechtes Speichenrad, wie das an dem Steuerruder. Die beste Handsteuerung ist aber die unter der Bewegung der Stephenson'schen Gelenkbewegung bekannte, welche wir im nächsten Capitel bei den Locomotiven kennen lernen werden. Dadurch läßt sich auch die Maschine am Besten umsteuern, indem dieß bei vollem Gange der Maschine mit einer Hand bewerkstelligt werden kann und ohne daß sie aufgehalten zu werden braucht. Bei Maschinen, welche diese Einrichtung nicht haben, muß das Excentrik erst ausgehängt werden, ehe die Umsteuerung zu bewerkstelligen ist. Auf der Kurbelwelle, auf welcher auch das Excentrik angebracht ist, befindet sich ein Vorsprung oder Knaggen, wie bei b, Fig. 110 und ebenso sind zwei Knaggen c und d am Excentrik angebracht. Nehmen wir nun an, daß sich die Welle so umdreht, daß die Fläche f der Knagge b gegen den Knaggen c tritt, so bewegt sich das Excentrik in der Richtung des Pfeils. Soll aber nun umgesteuert werden, so dreht sich die Welle in der entgegengesetzten Richtung und es tritt die Fläche e des Knaggen b gegen den Knaggen d.

Der verhältnißmäßig große Raum, den die Balanciermaschinen einnehmen, hat die Aufmerksamkeit der Maschinenbauer auf andere Einrichtungen gezogen, welche weniger Raum erfordern. Es sind in dieser Beziehung mehre gelungene Versuche gemacht, von denen wir hier einige beschreiben wollen, da ein Weiteres der Raum hier nicht gestattet. Man ging dabei von dem Grundsatze aus, die Seitenbalanciers ganz wegzulassen und die Kolbenstange unmittelbar auf die Schaufelradwelle einwirken zu lassen.

Fig. 111 verdeutlicht die sogenannten „Thurmmaschiuen", wie sie viel auf dem Clyde benutzt werden. a ist die Kolbenstange mit einem dreieckigen Querhaupt b b, c die Radwelle, d die Verbindungsstange, deren oberes Ende mit dem oberen Ende des Querhauptes e′ verbunden ist, während die Kolbenstange durch den Führer e, in welchem das Querhaupt m sich bewegt, gerade geführt wird.

Fig. 112 ist eine Skizze von der Siamesen- oder Maschine mit doppelten Cylindern; a b sind die beiden Cylinder, e e die mit Querhaupt e′ e′ verbundenen Kolbenstangen. Der Winkelarm d dieses letztern geht niederwärts und wird zwischen den beiden parallelen Stangen geführt; die Verbindungsstange g ist einerseits mit dem Ende des Armes d und andererseits mit der Kurbel f verbunden.

Fig. 113 ist eine andere direct wirkende Maschine, die als sehr einfach gerühmt wird. Es sei a die Kolbenstange, b die Kurbel- oder Lenkstange, c c die Radwelle, d die Luftpumpenstange, die von einem Excentrik an der Welle c c bewegt wird. Das Cylinderventil wird von der excentrischen Stange f, Fig. 114, die auch von der Welle c c ausgeht, betrieben; die Stange f bewegt die Hebel a a und die Ventilstange g. h Gesimms an dem Pfeiler e; m ist die Excentrikstange, welche die Luftpumpenstange n bewegt und d, Fig. 113 entspricht. Eine wohlbekannte Form der direct wirkenden Maschinen ist die mit schwingendem Cylinder, die wir als stationäre Maschine schon im vorhergehenden Capitel

kennen lernten. Fig. 115 erläutert eine solche Maschine, deren Kolbenstange sogleich über die Warze der einen Kurbel greift.

Die Maschinen der Schraubendampfschiffe sind in der Anordnung von den beschriebenen verschieden; denn da die Schraube in gleichen Zeiträumen weit mehr Umdrehungen zu machen hat, als die Ruderräder, so muß ihre Geschwindigkeit auch eine bedeutendere sein. Häufig wird zwar die Geschwindigkeit der Schraubenwelle durch Vorgelege, d. h., Räderwerk hervorgebracht, indem z. B. ein Paar schwingende Cylinder eine horizontale Welle bewegen, an der ein Stirnrad sitzt, welches in ein kleineres Getriebe an der Schraubenwelle greift. Die mit dieser Einrichtung der Maschine verbundenen Nachtheile sind die Veranlassung, daß man jetzt weit häufiger solche Maschinen anwendet, bei denen die Schraubenwelle direct von den Kolbenstangen der beiden Cylinder bewegt wird. Die Schwierigkeit bei einer solchen Einrichtung ist jedoch die, daß die Luftpumpenventile, wenn diese so schnell bewegt wird, sogleich in Stücken gehen, welches man jedoch dadurch vermeiden kann, daß man statt der gewöhnlichen Luftpumpenventile Schieberventile anwendet.

In Fig. 116 geben wir die Abbildung von einer doppelten Maschine zum Betriebe eines Schraubendampfers aus der Fabrik der Herren Scott u. Comp. zu Greenock. Die Abbildung zeigt einen Querdurchschnitt des Schiffes und äußere Aufrisse der Maschinen. Die Cylinder haben 52 Zoll im Durchmesser und 45 Zoll Kolbenzug; sie sind querüber und diagonal im Schiffe angebracht und stehen rechtwinkelig zu einander. Die Kolbenstangen springen über die Böden der Cylinder vor, indem sie dort auch über Stopfbüchsen gehen; man erlangt dadurch eine sichere Geradführung. Jeder Cylinder hat zwei Kolbenstangen, wodurch eine größere Stetigkeit erlangt wird; ihre äußeren Enden sind in einem Querhaupt festgekeilt, welches an beiden Enden mit Schlitten versehen ist, die in einem Paar geneigter Leit-

rahmen laufen, welche ihrerseits an den Cylinderböden angeschraubt worden sind und unten durch vortretende Querstücke getragen werden, die der Sohlplatte der Maschine angeschraubt worden. Von jedem Ende dieses Querhauptes, unmittelbar an der äußeren Seite des Leitrahmens, geht eine gerade, im Querschnitt runde Kurbelstange ab, welche die Haupt-Triebwelle mittelst einer Kurbel für jede der beiden Stangen bewegt. Diese Kurbeln bestehen in Angriffszapfen, die in zwei entgegengesetzten Armen von großen Stirnrädern angebracht worden sind, die in zwei Getriebe an der Schraubenwelle greifen und diese daher bewegen. Die großen Räder haben 11 Fuß $5\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, haben 108 Zähne von vierzölliger Theilung und eine Breite von 14 Zoll. Sie sind auf den Enden einer gemeinschaftlichen Welle befestigt, die sehr zweckmäßig in dem winkelförmigen Raum angebracht ist, den die beiden Cylinder mit einander bilden; die Zapfenlager sind auf den Rändern derselben festgeschraubt.

Die Räder sind sehr fest zu beiden Seiten der Cylinder und den Hauptmaschinentheilen angebracht und füllen gerade den Raum auf der innren Seite der Kurbelstangen aus. Die Getriebe an der Schraubenwelle haben $4\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser, so daß das Geschwindigkeits-Verhältniß zwischen Maschine und Schraube das von 1 zu $2\frac{1}{2}$ ist. In Folge dieser Einrichtung ist jeder Kolben direct mit beiden großen Rädern verbunden und die größere Länge der Querhäupter wird durch die doppelten Kolbenstangen ausgeglichen, indem durch diese Theilung der Druck der Querhebel verhältnißmäßig vermindert wird. Das doppelte Vorgelege sichert auch eine gute und feste Verbindung der beiden Wellen miteinander. Die Luftpumpen liegen beide auf einer Seite der Maschinen und werden von den Angriffszapfen der großen Zahnräder aus betrieben. Die Pumpencylinder sind unten auf der Sohlplatte festgeschraubt und ihre obern Enden sind durch ein Bogenstück mit einander verbunden, so daß sowohl ihre Vereinigung unter einander, als mit

dem Sohlwerk eine sehr feste ist; ihre Kolbenstangen setzen auch noch mittels gebogener Hebel die Speisepumpen in Betrieb. Alle Pumpen haben massive Kolben. Da die Angriffszapfen an den Stirnrädern eine viel zu große Bewegung für die Luftpumpen hervorbringen würden, so ist sie sehr zweckmäßig dadurch vermindert, daß über diese Zapfen Excentricscheiben greifen, wodurch der wirkliche Betriebsmittelpunct der Mittellinie der ersten Triebwelle mehr genähert wird.

Eine von den Lenkstangen zum Betriebe der Pumpen besteht mit dem Excentrikhalse aus einem Stück, während die andere mit demselben an der entgegengesetzten Seite verbunden ist. Beide Stangen gehen zu Augen an den obern Enden der Gelenke niederwärts, welche mit Gelenken in den Vertiefungen der Pumpenkolben vereinigt sind. Dieselbe Verbindung des untern Endes der Verbindungsstange gewährt auch eine Verbindung der gebogenen Hebel von den Boden- und Speisepumpen, welche Hebel zu gleicher Zeit Lenkstangen für die Luftpumpenkolbenstangen bilden. Die Gelenke zum Betriebe der Mönchs- oder massiven Kolben der Boden- und Speisepumpen sind fast in der Mitte der gebogenen Hebel angebracht, so daß der erforderliche kurze Hub erfolgt. Die Pumpen selbst stehen senkrecht zu beiden Seiten der Schraubenwelle auf der Sohlplatte.

Die Cylinderventile sind Combinationen von der Classe der vierwegigen und der Gleichgewichtsventile, die mit so großem Erfolg auf dem Clyde eingeführt worden sind. Durch diese Einrichtung lassen sich die Maschinen sehr leicht umsteuern und die Exhaustion der Dämpfe ist eine sehr sichere. Sie werden durch ein Paar Excentrics auf der Haupttriebwelle bewegt; von denselben gehen Stangen zu kurzen Hebeln an einem Paar paralleler schwingender Wellen, die sich in darüber angebrachten Lagern drehen. Diese Lager sind an einem Paar paralleler bogenförmiger Rahmstücke angebracht, welche sich von einer Ventilkammer zur andern spannen, so daß die

oberen Enden der beiden Cylinder damit verbunden sind. Die schwingenden Wellen sind in der Mitte gekröpft und mit der Warze sind kurze Stangen verbunden, die links und rechts zu den respectiven Ventil-Spindeln gehen. Die Dämpfe strömen zu beiden Seiten mittelst Knieröhren in die Ventilbüchsen, die mit den Expansions-Ventilbüchsen an den untern Winkeln der Ventilgehäuse verbunden sind. Der benutzte Dampf geht durch Canäle, die rings zu beiden Seiten der Cylinder angebracht worden sind. Der Condensator befindet sich gänzlich in der Maschine, unter den Cylindern; er entspricht Füßen für diese, ist mit ihnen zusammengeschraubt und andererseits auf dem Sohlwerke befestigt.

Die neuerlich zum directen Betriebe der Schrauben, ohne jenes Räderwerk, namentlich von Herrn Penn zu Greenwich eingeführten, sogenannten Trunk- (Stumpf-) Maschinen, verdienen um so mehr unsere Aufmerksamkeit, da sie in sehr allgemeine Anwendung kommen. Bei diesen Maschinen ist die directe Verbindung zwischen dem Kolben und der Kurbel, wie sie durch die schwingenden Cylinder erlangt werden kann, ohne diesen Nachtheil der Schwingungen erhalten. Mit dem Kolben ist nämlich eine hohle Röhre oder ein Stumpf verbunden, der durch den Cylinderdeckel geht, welcher zu dem Ende mit einer sehr weiten Stopfbüchse oder Packung versehen, so daß das Rohr mit der Triebstange in derselben vollständig gedichtet ist. Das Rohr hat eine solche Länge, daß es noch über den Cylinderdeckel hervorsteht, sobald sich der Kolben am Boden des Cylinders befindet. Die Triebstange ist mit dem Kolben durch ein Gelenk verbunden, ihr anderes Ende aber mit der Kurbelwarze. Bei der hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens schwingt nun die Triebstange innerhalb des Rohrs und auf diese Weise ist die directe Bewegnng durch einfache Mittel bewirkt. Das Rohr befindet sich zu beiden Seiten des Kolbens oder, mit anderen Worten, es ist der Kolben auf der Mitte des Rohrs angebracht, welches hier die Stelle der Kolbenstange vertritt, und die Trieb-

stange ist auf der Seite der Kurbel angebracht. Bei diesen Maschinen liegen die Cylinder horizontal neben einander; auch die Luftpumpen liegen horizontal. Sehr wesentlich ist der Umstand, daß alle Maschinentheile so niedrig als möglich und unter der Wasserlinie liegen, welches bei Kriegsschiffen besonders wichtig ist. Beide Enden des Rohrs oder Stumpfes gehen durch Stopfbüchsen in den Cylinderdeckeln; durch diese Einrichtung wird ein ungleicher Dampfdruck zu beiden Seiten des Kolbens vermieden. Fig. 117 giebt eine Skizze von der Einrichtung einer solchen Maschine. Es sei a a der Kolben, b b das Rohr auf der Kurbelseite und c c das auf der entgegengesetzten Seite, d e ist die Triebstange, die bei d durch ein Gelenk mit dem Kolben, am anderen Ende bei e aber mit der Triebwelle verbunden ist. f u. g zeigen die Schwingungen der Triebstange bei verschiedenen Puncten der Kurbelumdrehung. Bei einer solchen Einrichtung des Kolbens und der Kurbel drückt der Dampf nicht auf die ganze Kolbenoberfläche, sondern nur auf einen ringförmigen Raum a a zwischen der Cylinderwand und der Außenseite des Rohrss, wie Fig. 118 zeigt.

Bei den kleineren Schrauben-Dampfschiffen sind gewöhnlich Regulatoren zur Regulirung der Geschwindigkeit angebracht; sie haben die gewöhnliche Einrichtung, obgleich neuerlich manche Abänderungen dabei gemacht worden sind, die zu beschreiben, hier natürlich viel zu weit führen würde. Die Nothwendigkeit eines Geschwindigkeits-Regulators ist einleuchtend, denn da die Schraube am Ende des Schiffs angebracht worden ist, so dreht sie sich, sobald das Schiff bei schwerer See stampft, in der Luft, und da alsdann die Maschine nicht belastet ist, so würde sie sich mit zu großer Geschwindigkeit umdrehen.

Eine sehr gute und zweckmäßige Form der Schraubendampfmaschinen ist die neuerlich von Hrn. John Bothams zu Salisbury construirte, welche von den gewöhnlichen Marine-Maschinen sich dadurch unterscheidet, daß nicht ein Paar gleich eingerichteter Maschinen mit

sämmtlichen Betriebstheilen doppelt, sondern aus einer Verbindung von zwei Maschinen von verschiedener Form besteht. Indem wir uns auf die Figg. 119 und 120 beziehen, bemerken wir, daß A eine gewöhnliche schwingende Maschine ist, die ihre schwingende Bewegung dadurch erhält; daß sie mit dem Kolben P der Pendelmaschine B, mittelst der hohlen Welle C verbunden ist. Durch diese letztere strömt Dampf zu dem schwingenden Cylinder A. Der Schwerpunct der sich bewegenden Theile, der pendelartige Kolben P und der schwingende Cylinder A sind so nahe als möglich unter dem Aufhängungspunct C angebracht, wie es die Gesetze der Pendelbewegung bedingen.

Die Kolbenstangen R des schwingenden Cylinders A haben Bewegungen nach zwei Richtungen: eine senkrechte Bewegung, die von dem Cylinder A ausgeht und eine horizontale Bewegung von dem Pendelkolben P. Das Resultat ist eine kreisförmige Bewegung, um die Schraubenwelle S mittelst einer einzigen Kurbel zu treiben.

Fig. 119 ist eine Seitenansicht der beiden Maschinen und Fig. 120 ein Durchschnitt durch die Pendelmaschine B. Der Dampf strömt durch die Röhre E ein und durch die Röhren F, F, F zum Condensator.

Fig. 121 giebt eine Abbildung von dem Oberflächen-Gleichgewichts-Condensator zu der Pumpe, die den Zweck hat, ihn mit kaltem Wasser zu speisen. Der Condensator besteht aus dem Gehäuse B B, das hinlänglich fest ist, um dem atmosphärischen Drucke zu widerstehen und wird durch die Platten C D in zwei besondere Theile getheilt. Durch die obere Platte C geht eine Anzahl von dünnen Metallröhren und mit ihren unteren Enden sind sie in die untere Platte D geschraubt. Der zu condensirende Dampf strömt durch A in den Dampfraum S ein, vertheilt sich zwischen die Röhren und wird durch die Berührung mit den äußern Oberflächen condensirt, indem dieselben durch fortwährend hindurchströmendes kaltes Wasser stets kalt erhalten werden. P ist eine Pumpe, um den Condensator mit

kaltem Wasser zu versehen; es strömt dasselbe durch E über den Pumpenkolben, wird in die obern Theile des Condensators W gehoben, fließt durch die Röhren in den untern Raum W, fließt von dort in den untern Theil der Pumpe und wird bei'm Niedergange des Kolbens aus der Oeffnung F ausgedrückt. Es gelangt kein Wasser in den Condensator, wenn nicht zu gleicher Zeit eine gleiche Menge ausgepumpt ist. Der verdichtete Dampf fällt auf die Platte D, fließt durch H der Speisepumpe zu und gelangt durch dieselbe in den Kessel.

Um die Röhren von jedem ungleichen Druck auf der innern und äußern Seite zu befreien, führt eine Röhre K von dem obern Wasserraume W in den Raum H nieder und wirkt als eine Klappe. Da das von dem verdichteten Dampf herrührende Wasser sich über dem Boden der Röhre K befindet, so wird dadurch eine Verbindung zwischen dem Wasserraume W W und dem Dampfraume S verhindert, so lange als diese Räume einigermaßen in Gleichgewicht stehen.

Die von dem atmosphärischen Druck befreieten Röhren dienen nun dazu, den Dampf von dem zur Condensation benutzten Salzwasser zu trennen, und das dazu verwendete Metall kann so dünn sein, daß ein Quadratfuß nur 1 Pfund wiegt. Die Röhren können jede beliebige Form haben, rund oder geriffelt, wie in Fig. 122. Sehr wesentlich ist ein recht dünnes Metallblech, weil dann die Condensation möglichst vollständig erreicht wird.

Die Pumpe erfordert nur geringe Betriebskraft, man hat stets den größten Theil des Speisewassers rein und von erhöhter Temperatur und es wird dadurch eine Menge von Brennmaterial erspart.

Ehe wir das von den Dampfschiffen handelnde Capitel verlassen, wollen wir noch einige Bemerkungen über ein solches Schiff von 22,000 Tonnen und 2,600 Pferdekräften machen, welches jetzt in England, in den Werkstätten des Herrn Scott Russel zu Millwall bei

London, für Rechnung der orientalischen Dampfschifffahrts-Gesellschaft, erbauet wird. Dieses Schiff ist im Kiel 660 uud auf dem Deck 680 Fuß lang, seine höchste Breite sind 66 Fuß und seine Tiefe 57 Fuß. Seine Tragfähigkeit soll 22,000 Tonnen, d. h., 22 Mal mehr betragen, als die der größten Handelsfahrzeuge.

Die Art und Weise der Construction dieses ungeheuren Schiffs ist nicht minder bemerkenswerth, als die Größe seiner Dimensionen. Die Wände sind doppelt; sie bestehen aus Eisenblech und sind beide etwa 30 Zoll von einander entfernt, aber durch eine Menge kleiner, der Quere nach laufender, dichter Scheider mit einander verbunden. Das Innere des Schiffsraums ist ebenfalls durch dreizehn, der Quere nach gehende, und durch zwei der Länge nach laufende wasserdichte Scheider in verschiedene Abtheilungen getheilt. Ein solches sogenanntes Zellensystem hat den doppelten Vortheil, das Eindringen des Wassers in die Räume zu localisiren und den Widerstand des Rumpfes wider den Wellenschlag 2c. zu erhöhen.

Das Schiff erhält auch ein starkes Segelwerk, um günstige Winde benutzen zu können. Sein Hauptmotor wird aber eine Dampfmaschine von 2,600 Pferdekräften bilden, welche von Watt und Sohn zu Soho erbauet wird. Dieselbe wird sowohl zwei Ruderräder als auch eine Schraube in Betrieb setzen, indem die Anwendung beider Propulsatoren den Vortheil gewährt, alle die Nachtheile zu beseitigen, welche die Uebertragung einer Kraft von 2600 Pferden mittelst eines einzigen Mediums, welches in seinen Dimensionen natürlich beschränkt sein muß, etwa haben könnte. Dazu kommt noch der andere Vortheil, daß die Belastungsweise, wobei die Ruderräder am Wenigsten wirksam sind, gerade diejenige ist, wobei der Schrauben-Propulsator die besten Resultate giebt und umgekehrt.

Der Zweck bei'm Bau dieses Riesenschiffes, der etwa $2\frac{3}{4}$ Millionen Thaler kostet, ist der, Personen und Güter zu wohlfeileren Preisen, als es durch die gewöhn-

lichen Dampfpaquetboote geschehen kann, zu transportiren. Geometrie und Erfahrung lehren uns nämlich, daß, wenn man die Dimensionen der Schiffe verhältnißmäßig vergrößert, ihre Räumlichkeit im Verhältniß der Cubikzahlen dieser Dimensionen zunimmt. Die Erfahrung beweis't ferner, daß die Widerstände des Schiffsrumpfes, d. h., die Kräfte, welche erforderlich sind, um ihm eine gegebene Geschwindigkeit zu ertheilen, höchstens wie die Quadrate dieser Dimensionen steigen. Es ist daher weniger Triebkraft erforderlich, um eine Tonne Güter auf einem großen als auf einem kleinen Fahrzeuge fortzuschaffen.

Die Rheder des beschriebenen Schiffes hoffen, daß sie mit einer Kraft von 2,600 Pferden, d. h., mit 1 Pferdekraft auf 8,4 Tonnen Tragfähigkeit, dieselbe Geschwindigkeit erlangen, welche jetzt die besten englisch-amerikanischen Dampfer entwickeln, deren Kraft zu 1 Pferd auf 3 Tonnen Tragvermögen berechnet ist. Der durch diese Verminderung der Triebkraft verfügbar werdende Raum soll zur Aufnahme von Güterladung und von Personen benutzt werden. Man hofft, auf diese Weise 5000 Tonnen Güter und 5000 Passagiere erster Classe, ohne die der übrigen Classen, unterbringen zu können.

Die Räume zur Aufnahme des Brennmaterials können 10,000 Tonnen Steinkohlen fassen, d. h., das Material zur vollen Dampfkraft auf 38 Tage, womit 3,600 Seemeilen zurückgelegt werden können, wobei die Kraft des Windes ganz unberücksichtigt geblieben ist. Man wird daher recht gut, ohne unterwegs zur Aufnahme von Brennmaterial anzuhalten, von England nach Indien oder Australien segeln können.

Sechstes Capitel.

Von den Locomotivmaschinen.

Die Locomotiven oder Dampfwagen sind Betriebsapparate für Wagenzüge auf Eisenbahnen. Von den in den vorhergehenden Capiteln beschriebenen Dampfmaschinen unterscheiden sie sich dadurch, daß ihre Kraft durch den Raum beschränkt wird, den sie wegen der fast constanten Breite der Bahnen aufzunehmen im Stande sind. Es folgt daraus, daß ihre Motoren innerhalb gewisser Grenzen fast alle eine gleiche Kraft haben und sich nur durch die Größe der fortzuschaffenden Last und durch die Geschwindigkeit unterscheiden, welche sie im Verhältniß zu der Last anzunehmen vermögen.

Die Geschichte der Locomotiven ist verhältnißmäßig sehr neu. Hölzerne, gußeiserne und zuletzt schmiedeeiserne Schienen kamen in den deutschen und englischen Bergwerken allmählig auf, um die Zugkraft der Menschen und Pferde besser benutzen zu können. Auch sah man bald ein, daß letztere unzulänglich seien. 1814 erbauete Georg Stephenson der Vater, den ersten brauchbaren

Dampfwagen zum Kohlentransport auf der Darlington-Stockton-Bahn; der Kessel hatte ein Rohr, in dem auch die Feuerung angebracht war. — Im April 1829 wurde von der Direction der Liverpool-Manchester-Bahn ein Preis von 500 Pfund Sterling für eine Locomotive ausgeschrieben, die bei 10 englischen Meilen Geschwindigkeit in der Stunde ein mindestens dreimal so großes Gewicht als ihr eigenes fortbewegen würde. Robert Stephenson, der Sohn von Georg, erbauete den ersten Röhrenkessel mit 25 horizontalen, 3 Zoll weiten Röhren, die durch den Wasserraum gingen. Diese Locomotive, der „Racket" genannt, gewann den Preis und alle Locomotiven werden seitdem nach demselben Princip erbauet, so daß man die beiden Stephenson als die Schöpfer der Locomotiven ansehen kann.

Wir wollen nun zuvörderst, mit Hülfe der aus Scholl entnommenen Figg. 123—126, einen genauen Begriff von der allgemeinen Einrichtung einer Locomotive zu geben suchen und wollen uns dann zu verschiedenen Abänderungen derselben und ihren wichtigsten einzelnen Theilen wenden.

Fig. 123 ist die äußere Ansicht oder der Aufriß, Fig. 124 der Längendurchschnitt, Fig. 125 der Querdurchschnitt, im Feuerkasten, vor dem Regulator oder dem Absperrventil genommen, Fig. 126 endlich ist ein Querdurchschnitt durch den Rauchkasten und Schornstein.

A A sind die beiden, außerhalb des Rauchkastens, an den Gestellrahmen, in geneigter Stellung befestigten Cylinder. Die Kolbenstange B eines jeden der beiden Cylinder wird in den Gestellrahmen mittelst der Gleitbacken a gerade geführt und ist mit der Triebstange C, die über die Kurbelwarze D greift, mittelst eines Gelenkes verbunden. Die Warzen sind in den verstärkten Naben der Triebräder E befestigt und beide stehen rechtwinklich einander gegenüber, wie dieß auch bei den Schiffsmaschinen der Fall ist. Die Triebachse ist bei dieser Maschine gerade und nicht gekröpft, wie dieß bei der weiter unten zu beschreibenden Maschine von Hawthorn

der Fall ist und dieß gewährt den wesentlichen Vortheil der leichteren und wohlfeileren Herstellung der Achsen, indem die gekröpften Achsen zu den schwierigsten Schmiedearbeiten gehören und da sie sehr leicht Veranlassung zu Brüchen geben. Auch liegen bei diesem Locomotivsysteme, mit äußern Cylindern, alle Maschinentheile mehr zur Hand, wodurch Wartung und Reparaturen erleichtert werden. Endlich kann man dabei auch, bei gleich hoher Lage des Kessels, größere Triebräder anwenden.

Die Steuerung erfolgt von den Excentrics F F′ auf der Triebradachse, mittelst der Schubstangen G G′, und es sind F und G für den Vorwärts-, F′ G′ aber für den Rückwärtsgang bestimmt. Das gabelförmig auslaufende Auge b der Stange G ruht in Fig. 124 in dem Zapfen des Winkelhebels H, der an die Schieberstange K greift. L Schieberkasten. Bei vorstehender Verbindung von F, G, b und H wird also der Schieber durch das Excentrik F geführt, die ganze ähnliche Einrichtung F′, G′, b′ schwingt leer mit und bringt erst nach Auslösung von F, G, b von H und Heraufheben des Auges b′ an den Zapfen des Hebels H den entgegengesetzten Gang des Schiebers, also auch des Dampfkolbens zu Wege, da die Scheibe F′ der Scheibe F gegenübersteht. Die Auslösung und Einrückung der Stangen G und G′ geschieht mittelst eines Winkelhebels c, d, e, dessen Drehpunct bei d liegt, dessen Kopf e mit beiden Stangen G und G′ verbunden ist. Von seinem Ende c aus geht die Stange f f zum Standort des Maschinisten oder Locomotivführers, woselbst sie in eine kräftige Handhabe ausläuft, die auf den drei erforderlichen Stellungen fest eingelegt werden kann. Außer jenen beiden Stellungen, nämlich für den Vor- und Rückwärtsgang, ist die mittlere für den Stillstand der Maschine vorhanden, in welcher Lage aber der Regulator immer geschlossen sein muß.

M ist der Feuerkasten, g die Heizthür, N der Dampfkessel mit den 125 Rauchröhren, O die Dampfschraube, P das Dampfrohr, aus deren oberem Theil abgehend und

durch die Länge des Kessels zu dem Schieberkasten L führend. Q, Q, Q Blasrohrvorrichtung.

R R sind die beiden Sicherheitsventile mit den Federspannungen S S. Eine Kurbel T mit äußerm Zeiger vor einer Scheibe mit Scala kann rechts und links gedreht und dadurch mittelst einer innern Achse und Hebelverbindung eine durchbrochene Scheibe vor der gleichfalls durchbrochenen Fläche U des Dampfrohrs P bewegt werden. Stehen die Oeffnungen beider Platten vor einander, so ist für den Dampf voller Abzug in P frei; im entgegengesetzten Falle ist derselbe abgeschlossen. Wir nannten diese Vorrichtung bei den Beschreibungen der stehenden Maschinen das Dampfventil oder die Absperrung, allein bei den Locomotiven führt sie den Namen Regulator.

V ist der sogenannte Eiskratzer oder Schneeschuh, dessen Zweck ist, etwa auf den Schienen liegende Gegenstände fortzuschieben und im Winter durch vorgebundene Besen die Schienen von Schnee zu reinigen. Glatteis, Schnee und geringe Feuchtigkeit der Schienen sind ungünstig für den Gang der Locomotiven, indem sie die Adhäsion zwischen den Triebrädern und den Schienen selbst vermindern. Diese Adhäsion und die dadurch erzeugte Reibung muß aber für eine bestimmte fortzuschaffende Last eine entsprechende Größe haben, weil sonst die Räder schleifend auf den Schienen rollen und der Zug sich langsam oder gar nicht mehr bewegt. Zur Vermehrung jener Reibung legt man das Hauptgewicht der Locomotive auf die Triebräder und man giebt dadurch der Triebkraft Stützpuncte zum Angriff, welche, sich immer wiederholend und fortwährend überwunden, die Fortbewegung des Dampfwagens und seiner Last bewirken. — Locomotiven für Güterzüge haben aus gleicher Veranlassung vier oder sechs gekuppelte Räder.

Der gewöhnlichen Locomotive ist ein für den Wasser- und Brennmaterialvorrath eigends gebauter Wagen, der sogenannte Tender, beigegeben. Die Saugröhren der Speisepumpen werden auf einfache Art in trichterförmige

Röhransätze des Tenders geschoben und dadurch die Pumpenkörper mit dem Wasserreservoir verbunden. Von dem Kasten des Sicherheitsventil ab kann eine Verbindungsröhre in das Reservoir, und zwar bis in das Wasser tauchend, gelegt werden, wodurch bei Stillständen der abblasende Dampf zum Vorwärmen des Wassers im Tender benutzt wird.

Das Constructionssystem der hier beschriebenen Locomotive stimmt im Allgemeinen mit den von Stephenson eingeführten Principien überein. Allein bei der so sehr großen Verbreitung der Eisenbahnen und bei den vielen ausgezeichneten Maschinenbauern, die sich seit 25 Jahren mit der Construction der Locomotiven beschäftigten, sind sehr viele verschiedene Arten derselben entstanden, die wir in dem Werke bis auf wenige unberücksichtigt lassen müssen. Je nach ihrer Bestimmung oder je nachdem vorzüglich möglichste Geschwindigkeit, oder größtmögliche Zugkraft verlangt wird, unterscheidet man sehr passend 5 Classen von Locomotiven und zwar:

1) Eillocomotiven, die zum Transport der Courier- oder Eilzüge dienen, mit denen nur Personen, Briefe und kleinere Postpaquete, ohne Aufenthalt auf den kleineren und bei einem nur sehr kurzen auf den größeren, mit einer Geschwindigkeit von 6 bis 8 deutschen Meilen in der Stunde gefahren werden.

2) Gewöhnliche Reise- oder Passagier-Locomotiven. Diese bewegen sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Stunde.

3) Gemischte, zum Transport von Passagieren und Eilgütern, die ebenfalls mit einer Geschwindigkeit von 3 bis 4 Meilen fahren.

4) Güterlocomotiven, die sich noch langsamer als die vorhergehenden bewegen, da sie stets stark belastet sind.

5) Gebirgslocomotiven mit eigenthümlicher Construction, die wir weiter unten etwas näher kennen lernen werden.

Als Abarten kann man noch unterscheiden:

a, Tenderlocomotiven, oder solche, die keinen besondern Beiwagen haben, sondern den Bedarf an Wasser und Coaks selbst mit sich führen; sie sind nur auf kurzen Bahnen anwendbar.

b, Locomotivkutschen, oder Reisewagen, die den ganzen Locomotivapparat mit sich führen, wie deren sich auf einigen englischen Zweigbahnen finden.

Alle diese verschiedenen Locomotiven ruhen jetzt auf drei, zuweilen auch auf vier und fünf Paar Rädern, denn die in den ersten Jahren des Eisenbahnwesens üblichen vierrädrigen Locomotiven sind gänzlich aus dem Gebrauch gekommen, da sie nur klein und leicht sein konnten und manche andere Nachtheile hatten.

Triebräder nennt man diejenigen Räder, deren Adhäsion an den Schienen bei dem Ziehen als Mittel angewendet wird. Die Zahl der Triebräder muß um so größer sein, je bedeutender die zu ziehende und fortzuschaffende Last ist. Bei den Eil- und Personen-Locomotiven beträgt die Zahl gewöhnlich zwei, indem solche Maschinen einfacher sind und sich schneller bewegen können; bei den Güterlocomotiven sind stets vier, oder bei starken Steigungen der Bahn, sogar sechs Triebräder vorhanden. Die Triebräder sind einander alle gleich. Giebt es deren vier oder sechs, so biden stets zwei, die Haupttriebräder, nämlich dasjenige Paar, welches die Bewegung der Triebkolben direct aufnimmt und welches sie den andern Triebrädern durch eiserne Stangen, sogenannte Kuppelungsstangen, mittheilt. Man nennt die Maschinen alsdann Locomotiven mit vier oder mit sechs gekuppelten Rädern.

Die Zusammenstellung einer jeden Locomotive muß aus den folgenden vier Hauptdaten abgeleitet werden, nämlich:

1) Von der Spurweite oder der Breite der Bahn; 2) von der größten Entfernung zwischen den beiden äußern Achsen; 3) von der Beschaffenheit des anzuwendenden Brennmaterials; 4) von der aufzuwendenden Zug-

kraft. Wir wollen diese vier Bedingungen etwas näher betrachten:

Die Spurweite oder Breite der Bahn beträgt gewöhnlich 4 Fuß 9 Zoll engl. oder 4 bis 7½ Zoll rhein. Maß; nur die Great-Western-Bahn, die von London nach Bristol führt, hat die breite Spur von 7 englischen Fuß.

2) Die Entfernung von der Mitte der hintersten Achse bis zur vordersten ist nach dem geringsten Krümmungshalbmesser der Bahn, auf welcher die Locomotiven gehen sollen, so wie auch nach der Geschwindigkeit, in welcher die Curven durchfahren werden sollen, verschieden. — Da die geringsten Krümmungshalbmesser der Bahnen 1000 bis 3000 Fuß betragen, so sind bei einem Geschwindigkeitsmaximum der Bahnen von 6 bis 8 deutschen Meilen in der Stunde die zweckmäßigsten Entfernungen der vordersten von der hintersten Achse 11 bis 13 Fuß.

Die Beschaffenheit des Brennmaterials hat einen sehr wichtigen Einfluß auf den Locomotivbetrieb, und da besonders der räumliche Inhalt des Feuerkastens und die Rostoberfläche davon abhängen, so wollen wir zuvörderst über die, wie wir schon im zweiten Capitel bemerkten, eigenthümliche Construction der Locomotivkessel, so wie über die dabei benutzten Brennmaterialien, etwas näher reden.

Die Hauptbedingung für einen Locomotivkessel ist die, daß er bei geringer Kessel-, Wasser- und Brennstoffmasse, sehr viel Dampf zu erzeugen im Stande ist. Indem wir uns auf die schon beschriebenen Figg. 124 bis 126 beziehen, ist die specielle Einrichtung des Kessels folgende: Er besteht hauptsächlich aus dem Feuerkasten M und aus den Heizröhren, welche beide zur Dampferzeugung dienen. M ist ein Doppelkasten aus Eisen- und Kupferblech, der äußere aus jenem, der innere aus diesem bestehend; er hat einen länglichviereckigen Querschnitt. Der zwischen den äußern und innern Wänden bleibende Raum von etwa 3½ Zoll Weite ist mit Wasser angefüllt, dessen normalen Stand man aus Fig. 125 erkennen kann. Die Platten sind zusammengenietet und zwischen

beiden Wänden sind viele, in Fig. 125 erkennbare Stehbolzen eingesetzt und vernietet, die dem Ganzen Steifigkeit verleihen. g ist die Heizthür mit der Schutzplatte; m sind die Roststäbe, welche unter sich große Zwischenräume lassen, da das am Meisten angewendete Brennmaterial, die Coaks, einen starken Zug bedarf und dieselben auch nicht in so kleinen Stücken eingeschürt werden, daß sie durchfallen können. Die Deckplatte des Feuerkastens, welche sehr viel auszuhalten hat, ist durch aufgelegte und verschraubte Brücken verstärkt. Diese Platte, so wie die senkrechten Wände des Feuerkastens, geben die directe Heizfläche. Den Zügen oder Feuercanälen anderer Dampfkessel entsprechend, liegen in dem cylindrischen Körper des Kessels die vielen Röhren N N, von einem Ende zum andern und geben die indirecte Heizfläche. Diese Röhren sind vorn mit der Feuerraum- und hinten mit der Schlußplatte des Kessels dampfdicht verbunden, wie Fig. 127 zeigt. Die Flamme strömt aus dem Feuerkasten durch das Innere der Röhre nach dem Rauchkasten und durch die Esse in die freie Luft. Der Luftzug in der Esse wird durch das Ausblasen des benutzten Dampfs durch das Blasrohr Q sehr befördert, so daß es möglich wird, die schwer brennenden Coaks in eine heftige Gluth zu setzen und die Flamme durch die engen Röhren anzusaugen.

Nur mit Hülfe der vielen Rauchröhren ist es möglich, die große Heizfläche und eine starke Verdampfung hervorzubringen. Die directe Heizfläche, d. h. im Feuerraum, beträgt, je nach der Größe der Locomotiven, 44 bis 65 Quadratfuß, die indirecte, durch die Röhren, 500 bis 900 Quadratfuß. Die Anzahl der Röhren beträgt 96 bis 150 Stück; man hat sie sowohl aus gezogenem Messing, als auch aus Schmiedeeisen oder starkem Blech angefertigt. Ihre Befestigung in den Kopfplatten des Kessels zeigt Fig. 127 in vergrößertem Maßstabe. a a ist der Durchschnitt der Rauchkasten- oder Feuerplatte, b das Ende der Röhre, c ein Stahlring mit conischem Rande. Indem nun dieser Stahlring auf die dargestellte Stel-

lung eingetrieben wird, ist es der Röhre unmöglich gemacht, sich aus der Platte herauszuziehen, auch drückt derselbe das weiche Metall allseitig so fest, daß es überall dampfdicht anliegt. Bei schmiedeeisernen Röhren läuft der Stahlring nur etwas conisch an, hat keinen Rand, allein die Röhre muß umgestemmt werden, weil der Ring es nicht dampfdicht anpressen kann. Die Röhren haben eine Länge von 8 bis 14 Fuß und einen Durchmesser von gewöhnlich 1½ Zoll. Obgleich die vielen Röhren nun wohl stark genug sind, um die Kopfplatten dem Dampfdruck widerstehen zu machen, so sind doch zur Vorsicht noch Längenanker hindurchgezogen.

Was nun das Brennmaterial betrifft, so wendet man fast überall Coaks an, die man mit großer Sorgfalt bereitet. Verwendet man dazu nicht ganz reine Staubkohlen, so müssen dieselben aufbereitet, d. h. durch Setzen und Waschen von den erdigen Theilen, so wie auch zum Theil von dem eingesprengten Schwefelkies gereinigt werden. Dann sind die Coaks nicht so aschenreich und möglichst frei von Schwefel, der das Metall des Feuerkastens und der Röhren angreift. — Die Bereitung der Coaks erfolgt in offenen oder verschlossenen Oefen von verschiedener Einrichtung.

Coaks werden deßhalb den Steinkohlen vorgezogen, da sie weit weniger Rauch erzeugen, der dem Bahnzuge lästig, ja in der Nähe von Städten gesetzlich verboten ist und weil sie in den Röhren weniger Ruß absetzen. Auch sind die Steinkohlen selten ganz schwefelfrei.

Die Coaksmenge, welche eine Locomotive in einer Stunde oder für eine Meile verbraucht, muß je nach der Last, der Geschwindigkeit, dem Niveauverhältnissen der Bahnen und nach anderen Bedingungen sehr verschieden sein und selbst der Verbrauch auf die Meile und die Tonne. Außerdem sind die Berechnungen sehr verschieden; oft wird bloß das Gewicht der Ladung, oft das Gesammtgewicht der Züge und sogar mit dem der Locomotive in Rechnung gebracht, und die Tonnenzahl der Bruttolast kann dann drei- und mehrmal größer sein.

Ebenso wird oft angegeben, wieviel ausschließlich während einer Fahrt an Brennmaterial verbraucht worden, oft hingegen was eine Fahrt, das Anheizen, die Unterhaltung des Feuers in den Zwischenzeiten und selbst die einer vorhandenen Röhrenmaschine an Coaks gekostet. — Dasselbe gilt auch von dem Wasserbedarf.

Auf der linken Versailler Bahn macht 1 Locomotive im Sommer täglich 5 Hin- und Rückfahrten und legt also 170 Kilometer (24 deutsche Meilen) mit 4 oder 5 Personenwagen zurück. Da die Geschwindigkeit 32 bis 36 Kilometer ($4\frac{1}{2}$ bis 5 Meilen) in der Stunde betrug, so ist die Locomotive nur 5 Stunden in voller Thätigkeit. Sie wird aber auch des Nachts geheizt und auf 3 Locomotiven wird eine als Reservemaschine in Bereitschaft gehalten. — 1841 kosteten 5 Fahrten nahe an 2000 Kilogramm; 1 Kilometer daher $11\frac{1}{2}$ Kilogramm Coaks, die Stunde 400 Kilogramm und da für den übrigen Aufwand täglich 300 Kilogramm gerechnet werden müssen, 1 Kilometer im Ganzen $13\frac{1}{4}$ Kilogramm.

1842 war der Verbrauch im Ganzen auf $11\frac{1}{3}$ Kilogramm und 1843 auf $8\frac{1}{2}$ Kilogramm vermindert, weßhalb dieselben Locomotiven in der Stunde kaum 240 Kilogramm verbrannten. Diese bedeutende Brennmaterialverminderung verdankt man theils angebrachten Verbesserungen, theils den für die Heizer eingeführten verhältnißmäßigen Prämien. — Noch weit geringer war der Verbrauch einer Mühlhäuser Locomotive mit variabler Expansion, denn er betrug während der Fahrt nur $4\frac{2}{3}$ Kilogramm. Bei den Probefahrten auf der Straßburg-Baseler Bahn wurden sogar nur $2\frac{1}{3}$ Kilogr. pr. Kilometer verbraucht, obgleich die Maschine die bedeutende Last von 130 Tonnen zu ziehen hatte.

Faßt der Ofenheerd einer Locomotive 480 Pfund Coaks und bei'm Abfahren, weil er dann gewöhnlich überfüllt ist, 560 Pfd., so kann man füglich ohne Nachtheil an 10 Minuten lang fahren; und schürt man jedesmal 90 bis 100 Pfd. ein, so braucht man dieß nur alle 6 bis 7 Minuten zu wiederholen. Es wird das Schü-

ren mit möglichster Schnelligkeit ausgeführt, da ein langes Offenbleiben der Thür eine Erkaltung des Ofens veranlaßt. Daher nimmt man das Schüren auch am Zweckmäßigsten dann vor, wenn Ueberfluß an Dampf vorhanden ist.

Mit Steinkohlenfeuerung sind neuerlich in England Versuche angestellt, welche die Zulässigkeit derselben bejahet haben. Die Maschinen hatten ohne Schwierigkeit den verlangten Dampfdruck und die nöthige Geschwindigkeit beibehalten. Dabei war die Raucherzeugung, ausgenommen bei'm Anheizen und Feuern, fast gar nicht bemerkbar. — Die Bedingungen, unter denen diese Resultate erhalten wurden, sind: 1) Unterhaltung einer sehr dünnen Feuerschicht auf einer sehr großen Rostfläche und mit Roststäben, die näher aneinander liegen, als bei der Coaksfeuerung; es kann alsdann bei mäßigem Luftzug ein großes Quantum Luft durch das entzündete Brennmaterial strömen. — 2) Häufiges Feuern mit kleinen Mengen, um die Gasentwickelung auszugleichen und zu verhindern, daß deren auf einmal mehr erzeugt wurden, als zu der zuströmenden Luftmenge im Verhältniß steht. Man hat gefunden, daß bei der Kohlenfeuerung vier- bis fünfmal so oft gefeuert werden muß, als bei Coaks. Der Heizer hat dabei zu beachten, daß der Rost überall gleichmäßig bedeckt ist und die Dicke der Schicht auf demselben nur 4 bis 6 Zoll beträgt. — 3) Eine in der Mitte gebildete Feuerbüchse giebt die Mittel an die Hand, abwechselnd durch die eine oder die andere Heizthür zu schüren und so auf einer Seite ein lebhaftes Feuer zu unterhalten, während dasselbe auf der andern Seite durch frische Kohlen gedämpft wird. 4) die Kohlen werden in Stücken von mäßiger Größe verwendet, damit der Zug nicht verhindert und nicht zu viel Gase auf einmal erzeugt werden, welches der Fall ist, wenn kleine Kohlen oder Staub in das helle Feuer geworfen worden. Die Kohle muß hart und ein Wenig bituminös sein. 5) Eine Klappe zur Regulirung des Luftzutritts am Aschenkasten ist nothwendig.

Eine Vergleichung der erlangten Zahlendaten ergiebt, daſt der Verbrauch an Kohlen bei gleichen Bahnzügen um 40 Proc. bedeutender iſt, als der Vercoakungsverbrauch, und bei ſchweren Zügen ſtieg der Verbrauch ſogar bis auf 55 Proc. über den Coaksverbrauch. Nimmt man den Waſſerverbrauch als Maßſtab für die Vergleichung, ſo findet man:

bei Coaks im Mittel 1 Pfd. auf 8,65 Pfd. Waſſer,
„ Kohlen „ „ 1 „ „ 5,83 „ „

oder das Verhältniß von 100 Pfd. Coaks zu 148 Pfd. Steinkohlen. — Die Erſparung an Geld war bei Steinkohlenfeuerung ſehr bedeutend.

Früher wendete man in Amerika Anthracitfeueung an, hat ſie aber wieder aufgegeben.

Gedörrter Torf iſt ganz gut zu gebrauchen, wenn er iu dünnen Schichten verbrannt und fleißig nachgeſchürt wird, auch der Roſt, wie bei der Holzfeuerung, geräumig iſt.

Holzfeuerung wendet man beſonders in America, jedoch auch auf manchen deutſchen Bahnen an, wo Coaks ſchlecht und theuer ſind. Die Keſſelröhren werden dabei weniger angegriffen und man rechnet, daß 10—12 Cubikfuß Holz 1 Ctr. Coaks gleich ſind.

Die Zugkraft der Locomotiven iſt nicht allein nach der Geſchwindigkeit, welche ſie erlangen müſſen, als auch nach den Steigungen der Bahn verſchieden. Auf einer horizontalen Strecke beträgt der mittlere Widerſtand auf die Tonne von 20 Ctr. Belaſtung reichlich 8 Pfd. und derſelbe nimmt für jede Linie Steigung um 4 Pfd. zu. — Eine Locomotive muß nie mehr zu ziehen haben, als die Belaſtung, welche der ſtärkſten Steigung der Bahn entſpricht, die ſie befährt, weil man ſonſt ein Stehenbleiben des Zuges zu befürchten hätte. Es folgt daraus, daß, wenn ſtarke Steigungen einer Bahn unvermeidlich ſind, dieſelben nur von beſonders kräftigen und eigenthümlich conſtruirten Zügen befahren werden können. Wir kommen weiter unten auf die ſogenannten Gebirgslocomoti-

ven, die dazu benutzt werden, zurück. Bei Steigungen unter $\frac{1}{200}$ sind gewöhnliche Locomotiven anwendbar.

Wir wollen nun zuvörderst einige einzelne Theile der Maschine und dann noch einige besondere Constructionen derselben kennen lernen.

Die Essen sind ohngefähr 13 Zoll weit und über dem Kessel 7 Fuß hoch, welche Beschränkung dadurch bedingt wird, daß man unter Eisenbahnbrücken durchfahren muß. Das Feuer wird durch eine Klappe gemäßigt, die in der Esse angebracht ist. Sie besteht aus einer Scheibe a a, Fig. 128, die sich um die Achse d dreht, welche etwas außerhalb der Mitte liegt. In der Mitte hat diese Scheibe eine Oeffnung, durch welche das Ende des Blasrohrs geht, wenn die Klappe gänzlich geschlossen ist und das Blaserohr tritt dann über sie hervor. Die Bewegung erfolgt durch die Kurbel e, die mittelst einer langen Stange dem Locomotivführer zugänglich ist. Diese Stange kann in drei Einschnitten festgestellt und danach der Grad der Oeffnung der Klappe regulirt werden. Die obere Oeffnung der Esse ist zuweilen mit einem Drahtgitter bedeckt, welches die Funken aufhalten soll. Jedoch ist diese Vorrichtung jetzt nicht mehr gebräuchlich, sondern es ist gewöhnlich eine durchlöcherte Blechplatte unterhalb des Blaserohrs in dem Rauchkasten angebracht. Bei den americanischen Locomotiven, die noch sehr viel mit Holz gefeuert werden, ist ein „Funkenaufhalter“ angebracht, wodurch die Essen eine bei den europäischen Locomotiven ungewöhnliche Weite erhalten. Wir kommen weiter unten auf diese Vorrichtung zurück.

Der Kessel wird mit Hülfe einer kleinen Druckpumpe gespeis't, die unter dem Kessel und in der Nähe des Feuerkastens angebracht worden ist; diese Pumpe ist unter dem Kessel, in der Nähe des Feuerkastens befestigt, und wird mittelst eines Hebels von einem der Excentrics der Maschine aus in Betrieb gesetzt; oder es erfolgt der

Betrieb von dem Kolben=Querhaupt aus. Das Wasser wird aus dem Behälter auf dem Tender durch eine Röhre mit eigenthümlicher Kugelgelenkverbindung, da wo der Tender mit der Locomotive verbunden ist, herbeigeführt. Das Einströmen in den Kessel erfolgt bei manchen Maschinen in der Nähe des Rauchkastens, etwas unter dem Wasserstande, bei andern in der Nähe des Feuerkastens und bei noch andern in der Mitte des Kessels.

Zu den sehr wichtigen Theilen einer Locomotive gehören die Sicherheitsventile, die auch eine eigenthümliche Einrichtung haben, wie die Figg. 131 u. 132 zeigen. Die Belastung mittelst Gewichten ist wegen der raschen Bewegung und des Schwankens der Dampfwagen nicht anwendbar. Man gebraucht daher zur Hervorbringung des nöthigen Drucks Stahlfedern. In Figur 131 geschieht die Belastung durch einen einarmigen Hebel, welcher einen Dorn a auf dem Ventile festhält; sein Ende ist mit einer Federwage verbungen. Die Schraubenmutter c dient zur Regulirung der Spannung und Belastung. — Das andere Ventil Fig. 132 erhält den directen Druck von sechs Paar gegeneinander gelegter Stahlfedern.

Eine andere gewöhnliche Vorrichtung bei den Locomotiven ist die Dampfpfeife, obwohl man sie auch bei den Generatoren auderer Arten von Dampfmaschinen angebracht hat; es ist eine solche in Fig. 129 abgebildet. a ist ein Hahngehäuse mit Hahn, welches auf dem Kessel dampfdicht aufgesetzt worden; b die hölzerne Handhabe des Hahns. c c sind Löcher zum Auslassen des Dampfes, wenn der Hahn geöffnet ist. Der obere Theil über c c erweitert sich in eine Scheibe, von der rundherum ein Mantel e nur sehr wenig absteht, so daß eine schmale ringförmige Oeffnung bleibt. Ueber dieser hängt die scharf abgedrehte Kappe d. Sowie der Dampf in der Richtung der verzeichneten Pfeile ausströmt, trifft er auf jene Schärfe und erzeugt damit den bekannten schrillenden, durchdringenden Ton.

Der Wasserstand im Kessel wird durch Probehähne angegeben, von denen Fig. 133 eine Abbildung giebt. Sie müssen dem Locomotivführer und Heizer recht nahe zur Hand sein und werden daher an der Kopfplatte angebracht. Aus der obigen Figur ersieht man, welche Stellung die Probehähne gegen den Wasserstand haben, nämlich der eine 1 Zoll über, der andere ebensoviel unter demselben, und wenn dieser letztere auch Dampf giebt, so ist dieß ein Beweis von einem zu niedrigen Wasserstande im Kessel. Die Hähne sind mit Flantschen und vier Schräubchen befestigt und mit ihrer Mündung nach Unten gekehrt. Man wendet bei Locomotiven gewöhnlich drei solcher Hähne, oder auch gar vier an.

Außer den Probehähnen ist an den Locomotivkesseln auch noch eine gläserne Wasserstandsröhre angebracht, wovon Fig. 130 eine Abbildung giebt. Die Röhren c c stehen mit dem Innern des Kessels in Verbindung. Die Glasröhre b b verbindet die beiden messingenen Röhren c c. Die obere Röhre c steht mit demjenigen Theile des Kessels in Verbindung, der Dampf enthalten muß und der untere mit dem Wasser. Oeffnet man nun den obern und den untern Hahn d und a, so tritt das Wasser in die Röhre b und steht in derselben ebenso hoch als im Kessel. Die Schwankungen des Wassers in der Röhre b b, welche eine Folge der schnellen Bewegung der Maschine ist, kann zum Theil dadurch verhindert werden, daß die Verbindung zwischen Kessel und Röhre nur durch eine sehr geringe Oeffnung der Hähne bewirkt wird. Am untern Theil der Röhre ist noch ein kleiner Hahn f angebracht, um die Röhre von dem darin stehenden Wasser zu reinigen. — In das Innere des Kessels gelangt man durch ein sogenanntes Mannloch, wie wir es bei den andern Kesseln im zweiten Capitel kennen gelernt haben.

Die Cylinder der Locomotivmaschinen bestehen stets in der dreiwegigen Art, wie Fig. 134 zeigt. a a ist der Kolben, b die Kolbenstange, c die Stopfbüchse, d der Weg, durch den der Dampf ausströmt und der zu der Exhaustionsröhre i führt, die in das Blaserohr endigt.

g ist das Schieberventil; h Ventilstange; e Dampfweg an der obern Seite des Kolbens; f Dampfweg an der untern Seite; k Reinigungs- und Schmierhahn. An manchen Cylindern sind auch an beiden Enden Hähne angebracht, die durch Hebel und Stangen von dem Standorte des Locomotivführers aus geöffnet und geschlossen werden können, um von Zeit zu Zeit das durch Condensation des Dampfes entstandene Wasser abzulassen, welches sonst Widerstand gegen den Kolben leisten kann.

Der Dampf gelangt aus dem Kessel mittelst einer Röhre zu den Cylindern, die von dem kuppelförmigen Theil O U, Fig. 124, oder N O, Fig. 138, abläuft. Bei der in Fig. 140 dargestellten Maschine werden die Dämpfe noch höher über dem Wasserstande aufgefangen, um das sogenannte Primen, das Vermischen des Wassers mit dem Dampf, möglichst zu vermeiden. Das Zuströmen des Dampfes zu den Cylindern wird durch den schon erwähnten Regulator regulirt, der eine verschiedenartige Gestalt erhalten hat. Figur 135 erläutert die gebräuchlichste Art. Zwei kreisrunde Scheiben b, von denen die eine feststeht, liegen dicht aneinander und bewegen sich aufeinander, indem die zweite durch einen Hebel drehbar ist, zu dem der Maschinenführer leicht gelangen kann, da er an der Kopfplatte der Locomotive angebracht worden ist, wie T, Fig. 124, zeigt. In beiden Scheiben befinden sich einander entsprechende Löcher a; fallen die Oeffnungen beider Scheiben zusammen, so kann der Dampf frei hindurchströmen; wenn aber die bewegliche Scheibe so um ihre Achse gedreht worden ist, daß die Oeffnungen in der feststehenden von vollen Theilen der drehbaren mehr oder weniger bedeckt werden, so kann entweder weniger Dampf oder gar keiner hindurchströmen, jenachdem die Oeffnungen a nur theilweis oder gänzlich verschlossen sind. Die Scheibe ist am Eingange der Dampfröhre angebracht, welche den Dampf nach den Cylindern leitet.

Wir beschrieben weiter oben mit Hülfe der Figuren 123 bis 126 eine Locomotive mit außenliegenden Cylindern und geraden Achsen; weiter unten beschreiben wir

mit Hülfe von Fig. 138 eine neue englische Maschine mit im Innern angebrachten Cylindern, wodurch natürlich der Abkühlung und Condensation des Dampfes in denselben sehr vorgebeugt wird, wobei aber die Umsetzung der wiederkehrend geradlinigten Bewegung der Dampfkolben in die unterbrochen rotirende der Triebräder mittelst einer Kropf- oder Kurbelachse bewirkt werden muß, die zu den schwierigsten Stücken der Maschinenarbeit gehören. Fig. 136 ist eine Seitenansicht dieser Bewegungsmittheilung; a ist die Kolbenstange, b die Kurbelstange, deren Büchsen die Kröpfungen c der Achse oder Welle d der Triebräder n n umfassen; beide Kurbelachsen stehen senkrecht gegeneinander. Die Schieberventile des Cylinders zum Einlassen des Dampfes auf beide Seiten der Kolben werden durch Excentriks e und Excentrikstangen e', bewegt, wie Fig. 136 ebenfalls zeigt.

Um die Locomotive so leicht als möglich umsteuern zu können, so daß sie sich nach Belieben rückwärts und vorwärts bewegen kann, sind verschiedene sehr sinnreiche Einrichtungen getroffen, von denen jedoch die von R. Stephenson erfundene Gelenkbewegung die allgemeinste und auch zweckmäßigste ist, so daß wir hier nur diese beschreiben. Die Bewegungen werden durch vier Excentriken bewirkt, von denen zwei zur Vorwärts- und zwei zur Rückwärtssteuerung der Maschine dienen, nämlich für jeden Cylinder zwei. Es seien b c, Fig. 137, die beiden Excentrikstangen, b die des Rückwärts- und c die des Vorwärtsexcentriks. Es sind dieselben mit der gekrümmten Coulisse a a verbunden, deren Radius gleich dem des Kreises ist, welches von jeder Excentrikstange beschrieben wird, die sich um den Mittelpunct des Excentriks dreht. Die Vorwärts- und Rückwärtsexcentrikstangen sind mit den Enden der Coulisse oder des Gelenks verbunden. Die Ventilstange, welche das Schieberventil bewegt, ist mit einem Stück Metall versehen, welches zwischen den Wänden der Coulisse verschiebbar ist; die Coulissen werden durch Bolzen in gehöriger Entfernung voneinander gehalten. Auch kann man sie mit Hülfe des Hebels g

und des Verbindungsstücks f emporheben. Wenn das Schieberventil außer Betrieb ist, so befinden sich die Excentrikstangen in der in Fig. 137 dargestellten Stellung und es schneidet die Linie der Ventilstange den von den Excentrikstangen gebildeten Winkel. Wenn in diesem Falle die Maschine im Betriebe ist, wenn sie gerade auf einer Station ankommt, so veranlassen die Excentrikstangen nur Schwingungen oder Erschütterungen der Coulisse in der Mitte der Ventilstange und zwar abwechselnd nach Innen und Außen, wie die Pfeile x y zeigen. Wenn aber das Ventil eine Vorwärtsbewegung der Maschine bewirkt, so wird das Gelenk oder die Coulisse mittelst des Hebels g emporgehoben, bis daß die Vorwärtsexcentrikstange b auf einer Linie mit der Ventilstange steht; auf diese Weise wird das Aufziehen des Excentriks der Ventilstange mitgetheilt und die Maschine geht vorwärts. Um die Maschinen nun zu steuern, müssen die Coulissen heruntergelassen werden, bis die obere Excentrikstange c in einer Linie mit der Ventilstange liegt, worauf sich die Maschine zurückbewegen wird.

Wir wollen nun mit Hülfe des Längendurchschnitts Fig. 138 eine von dem Engländer Hackworth construirte Locomotive für Eilzüge beschreiben, die innere Cylinder, eine gekröpfte Achse und manche Eigenthümlichkeiten hat. Die Triebräder haben einen Durchmesser von 6½ Fuß, die vordern und hintern Laufräder einen von 4 Fuß. Ihr Gewicht mit der Wasserfüllung beträgt 23¾ Tonnen (475 Ctr.) und dieß Gewicht ist auf folgende Weise vertheilt: auf die Vorderräder 8 Tonnen 6 Ctr., auf die Triebräder 11 T. 4 Ctr. und auf die Hinterräder 4 T. 5 Ctr. Die Kurbelachse A dreht sich in Büchsen im innern Rahmen, während die der Laufräder B und C im äußern Rahmen angebracht worden sind; die letztern liegen von Mitte bis Mitte 13½ Fuß auseinander. Diese Verhältnisse sind mit genauer Berücksichtigung auf die Stabilität der Vorderräder und ohne eine unrichtige Beeinträchtigung der das Ziehen bewirkenden Adhäsion der Triebräder befolgt worden. Der cylindrische Theil des

Kessels D hat das Neue, daß die Längenverbindungen zusammengeschweißt worden sind, d. h., er besteht aus fünf Platten, die im Cylinder zusammengebogen und dann der Länge nach zusammengeschweißt, während die Querverbindungen der fünf Cylinder auf die gewöhnliche Weise zusammengenietet sind. Die Verbindungen E E der beiden Enden mit dem Feuer- und mit dem Rauchkasten sind durch Winkel oder Flantschen bewirkt, die aufeinander geschweißt sind, statt daß gewöhnlich Winkeleisen mit beiden Enden zusammengenietet worden sind. Diese sind auf der Drehbank abgedreht und zu einer wirklichen Fläche abgerichtet, so daß sie an dem einen Ende gegen den Feuerkasten und an dem andern gegen die Cylinder-Grundplatte treten und sehr genau passen. Diese Erfindung des Zusammenschweißens der Kesselplatten rührt von Hrn. Hackworth her. Die Bearbeitung des Kessels der beschriebenen Maschine ist eine sehr vollendete. Der Kesselmantel ist mit Eisenblech bedeckt, wodurch die Oberfläche ein sehr glattes Ansehen erhält.

Die Platte F, welche die hintern Ecken des Feuerkastens bildet, ist 14 Zoll breit und wurde anfänglich aus drei Stücken gemacht, um sie besser zusammensetzen zu können, allein nachdem diese Arbeit vollendet worden war, schweißt man sie zusammen, so daß sie nur aus einer einzigen Platte besteht. Die Roststäbe G G, die der Länge nach liegen, ruhen auf zwei Querträgern; diese liegen auf Vorsprüngen von einem Paar Längenbalken H H am Boden des Feuerkastens und können mittelst eines Hebels I bewegt werden, der über der Fußplatte am Hintertheil der Locomotive hervortritt, so daß der Führer oder Heizer sämmtliche Roststäbe sogleich in den Aschenkasten J fallen lassen kann. Der letztere kann auch ohne die Stäbe abgenommen werden, indem man die Stangen K K zu beiden Seiten läßt.

Die Feuerthür L ist mit einem Regulator zum Einströmen von Luft in den Feuerkasten, wenn man dieselbe für nöthig erachtet, versehen, indem man an der Schutzplatte kleine Oeffnungen zu ihrer Verbreitung im Innern

anbringt. Die Rauchröhren bestehen aus Messing, haben 2 Zoll innern Durchmesser, und ihre Anzahl ist 221. An dem Rauchkastenende der Röhren ist ebenfalls eine Schutzplatte angebracht; sie ist mit Oeffnungen von $1\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser versehen, deren untere Seiten der Bodenlinie der Röhren entsprechen, so daß der heißere Theil des Dampfes an der obern Seite zurückgehalten werden und eine größere Verdampfung veranlassen. Die Reinigung der Röhren wird dadurch durchaus nicht behindert, da die Platte sehr leicht weggenommen werden kann. Die Kuppel oder der Dampfbehälter N besteht aus einer einzigen, der Länge nach zusammengeschweißten Platte und die Flantsche, mittelst welcher das Annieten an den Kessel bewirkt worden, ist aus derselben Platte gearbeitet. Die obere Flantsche bei O ist im Innern angeschweißt, abgedreht und abgerichtet, um eine dampfdichte Verbindung mit dem halbkugeligen Deckel zu erlangen, dessen Rand ebenso bearbeitet worden ist und abgenommen werden kann, um in's Innere des Kessels zu gelangen.

Auch die Kolben zeigen einiges Neue, sowohl im Entwurf als in der Construction; sie bestehen gänzlich aus Schmiedeeisen und sind mit den Stangen aus einem Stück geschmiedet. Kolben dieser Art sind einerseits leicht und sehr fest, andererseits aber fällt bei ihnen die Gefahr weg, daß sich die Kolbenstange vom Kolben löse oder doch lose werden könnte. Der innere Rahmen Q besteht aus zwei gewalzten Eisenplatten, welche die ganze Länge des cylindrischen Kessels einnehmen und an dem einen Ende mit dem Feuerkasten durch $\frac{5}{8}$zöllige Winkelplatten und Niete verbunden sind. Der eigenthümliche Vortheil dieser Anordnung ist der, daß sie der Ausdehnung und Zusammenziehung des Kessels folgt, eine stete, gleichförmige Länge zwischen dem Cylinder und der Kurbelachse erhält und das so gewöhnliche Loswerden sowie Lecke verhindert. Die Rahmenplatten dehnen sich von dem Mittelpunct der Kurbelachse aus, so daß sie der Wirkung der Anstrengung der Maschine auf das Beste entgegenwirken. Mit dem cylindrischen Kessel ist eine

steife Verbindung durch eine starke, in der Mitte befindliche Platte bewirkt, die mittelst klammerartiger Winkeleisen angenietet ist. Am Ende des Rauchkastens ist an jeder Gestellplatte ein Fuß oder eine Flantsche gebildet, die gegen die Röhrenplatte tritt und mit derselben durch Niete und Bolzen verbunden ist; die Verbindungen gehen durch die Flantschen der Cylinder.

Der äußere Rahmen besteht aus einer gewalzten Platte von 9 Zoll Höhe und 1 Zoll Dicke, welche die ganze Länge zwischen den Bufferstäben einnimmt und mit denen die Achsen-Schutzplatten aus einem Stücke bestehen. Die Querverbindungsplatte S bildet einen sehr wesentlichen Theil der Maschine; sie ist mit dem Kessel durch doppelte Winkeleisenen und Niete verbunden, dehnt sich in der Quere zwischen den innern und äußern Rahmplatten aus und bildet einen wirklichen festen Punct für den Druck der Betriebstheile.

Die Kolbenstangenbewegung besteht aus einem Paar Führer- oder Gleitstangen T T, die mit dem einen Ende mit den Schutzflantschen, die an dem Cylinderdeckel angegossen, und mit dem andern Ende mit der Verbindungsplatte S verbunden sind. Die Querhäupter oder Gleitblöcke U bestehen jeder aus einem doppelten Augenstück von Schmiedeeisen und haben eine Büchse am innern Ende, in welche die Kolbenstange gekeilt ist; an die obern und untern Seiten des doppelten Auges sind messingene Gleitstücke mit Schutzflantschen geschraubt, wodurch die Leitung in den Leitstangen T T bewirkt wird. Die Kurbel- oder Lenkstangen V haben einen vollkommen rechteckigen Querschnitt und sind mit dem Querhaupte durch einen stählernen Nagel verbunden, der durch die Stange und durch die doppelten Augen geht und an dem Ende mit einer Schraubenmutter gesichert ist. Die Speisepumpen liegen in einer Linie mit den Kolbenstangen. Die Kolben bestehen aus Schmiedeeisen, gehen durch und sind durch eine Mutter mit dem Querhauptnagel verbunden. Die Pumpen bestehen aus Messing;

sie sind mit dem innern Rahmen und mit der Verbindungsplatte S verbunden.

Es ist eine anerkannte Thatsache, daß in sehr vielen Fällen sehr geringe Aufmerksamkeit dem Umstande gewidmet ist, daß die Ventilgehäuse eine hinreichende Oberfläche haben müssen, um Speisewasser zu dem Kessel gelangen zu lassen. Wegen beengten Raumes erhalten die Ventile eine zu geringe Größe und es müssen daher die Pumpen einen großen Hub erlangen, um den nothwendigen Wasserbedarf liefern zu können. Dieß und die Schnelligkeit, womit sie betrieben werden, giebt häufig Veranlassung zu Abnutzungen und Reparaturen. Dazu kommt noch, daß das Hindurchtreiben des Wassers durch enge Röhren eine bedeutende Reibung und einen wesentlichen Kraftaufwand erfordert. Bei der vorliegenden Maschine sind die Ventile und die Ventilbüchsen W so weit gemacht, daß sich das Ventil nur $\frac{1}{8}$ Zoll zu heben braucht.

Die excentrischen Scheiben bestehen in den kleineren Theilen aus Schmiedeeisen; es sind Stifte daran geschmiedet, um diesen Kern mit den größern und hervorstehenden excentrischen Theilen, die aus Gußeisen bestehen, zu verbinden. Die Excentrikstangen und die Bänder bestehen aus Schmiedeeisen und jene sind mit diesen aus einem Stück geschmiedet; letztere sind mit Messing gefüttert. An die hintern Theile sind Oelgefäße X angeschmiedet, mit einer Heberröhre an jeder Seite, um die Excentriks in Schmiere zu erhalten. Die Schieberventilstangen werden in messingenen Lagern geleitet, die in einem Support Y liegen, welches an der Verbindungsplatte S angebracht ist. Der Boden dieses Supports Z bildet ein Lager für ein Ende der umkehrenden Gewichtsstange.

Die gewöhnliche Gelenkbewegung ist für den Betrieb der Schieberventile und der Umsteuerung angebracht; die Hebelgelenke zum Umsteuern sind auf der innern Seite der Bewegungsgelenke angebracht und mit den Excentrikstiften zur Vorwärtsbewegung verbunden; die Hebel an der umkehrenden Gewichtsstange sind daran geschmiedet.

Der Feuerkasten ist bei c c, die Rauchröhren sind es bei d d, das Feder-Sicherheitsventil bei a a′; b die

Dampfpfeife; s s der Rauchkasten; h das Blaserohr; m die Esse; e e Regulator; c die Regulatorkurbel; n Röhre, welche Dampf zum Cylinder führt; o die Speiseröhre, um den Kessel aus dem Tender mit Wasser zu versehen.

Fig. 139 ist ein Aufriß von einer americanischen Locomotive mit außerhalb liegenden Cylindern und Figur 140 ein Längendurchschnitt derselben. c c der Feuerkasten; d d die Rauchröhren; s s der Rauchkasten; e e das conische Blaserohr, dessen Oeffnung durch Hebel regulirt wird, wie in der Abbildung; m m die Dampfkuppel; n n die Dampfröhre; r r die Regulatorkuppel; o der Regulator, bestehend aus einem Spindelventil, welches durch den Hebel o′ bewegt wird und wodurch Dampf in den Cylinder mittelst der Röhre o″ o″ strömt; l l der Dampfraum über den Röhren; p p das Sicherheitsventil; f g die Esse; i i, h h, k k der Funkenaufhalter. Die gekrümmten Pfeile zeigen die Richtung, welche die heiße Luft nimmt. Die Funken werden in dem gebogenen Gefäße i i abgesetzt, während die heiße Luft und der Dampf durch die senkrechten Oeffnungen entweichen. Die Excentrikstange und die Steuerung zur Bewegung der Ventile ist bei b b zu sehen.

In Fig. 141 geben wir einen Querdurchschnitt derselben Maschine vom Rauchkastenende. d d die Röhren; e der Hebel zur Bewegung des conischen Blaserohrs e e; o die Dampfröhre; o′ die zu den Cylindern führende Röhre; p p die zu dem Blaserohr führenden Röhren; g g die Cylinder; f die Esse.

In Fig. 142 geben wir den Aufriß von der hintern oder Feuerkastenseite derselben Maschine. c c die Feuerthür; d d die Hebel zur Steuerung und Umsteuerung mittelst der Excentriken ꝛc.; e e die vier Probehähne; f f das Feder-Sicherheitsventil; h g die Dampfpfeife, welche durch den Griff i geöffnet und geschlossen wird; m m die Kurbelwarzen an den Triebrädern, womit die Lenkstangen verbunden sind; i i der bedachte Schirm und über dem hintern Theil der Locomotive zum Schutze des Führers und Heizers, welche Einrichtung in dem harten Winterklima Nordamerica's eine nothwendige Bedingung ist.

Fig. 143 ist der Aufriß von einer andern americanischen Locomotive, die noch mehr wie die vorhergehende im Stande ist, bedeutende Lasten zu ziehen und starke Steigungen zu befahren: a a ist der Cylinder mit dem Ventilkasten; b das Kolben-Querhaupt; c die Kurbelstange, welche an die Warze an dem mittleren Triebrade greift; d d die Kuppelungsstange, welche je drei Triebräder miteinander verbindet.

Wir wollen diese bemerkenswerthe Frachtlocomotive etwas näher betrachten; sie ist aus der bekannten Maschinenfabrik von Norris in Philadelphia, die bereits über 900 Locomotiven und auch viele nach Deutschland geliefert hat; sie ist, wie schon gesagt, für starke Steigungen berechnet. Sie hat hinten sechs gleich große Triebräder von 46 Zoll Durchmesser und vorn vier Laufräder, an einem eigenen beweglichen Vordergestell befestigt, damit sich der Wagen auch auf starken Krümmungen benutzen läßt. Die außenliegenden Cylinder haben $15\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 18 Zoll Hub, treiben direct die mittlern Triebräder, die mit den vier übrigen zusammengekuppelt sind. Das ganze Gewicht also erzeugt Adhäsion und da es auf 18 Tonnen steigt, so kann diese, bei günstiger Witterung zu $\frac{1}{6}$ gerechnet, 3 Tonnen oder 6720 Pfd. betragen, während auf jedes Rad ein Druck von 60 Ctr. kommt. Wenn nun der einfache Widerstand bei mäßigen Geschwindigkeiten nur $\frac{1}{250}$ beträgt, so gestattet die Adhäsion, eine Totallast von 250 Tonnen auf horizontaler Bahn, von 215 Tonnen bei $1\frac{0}{0}$ Steigung, von 125 Tonnen bei $2\frac{0}{0}$ Steigung und von 103 Tonnen bei $2\frac{1}{2}\frac{0}{0}$ oder $\frac{1}{40}$ Steigung, Locomotive und Tender mit einbegriffen, zu ziehen.

Sehen wir ferner, was der Dampf leisten kann. Der Kessel ist 12 F. lang, $3\frac{1}{2}$ F. weit und die directe Heizfläche zu 42, die der Röhren zu 753 Quadratfuß angegeben. Es beträgt also die auf $\frac{1}{3}$ reducirte Heizfläche 265 Quadratfuß, und diese soll bei starker Feuerung zu 0,4 Cubikfuß auf den Quadratfuß, in einer Stunde 121 Cubikfuß Wasser verdampfen können, oder in der Mi-

nute 2 Cubikfuß — wovon freilich $\frac{1}{4}$ Cubikfuß wenigstens als bloß Verflüchtigtes abzurechnen ist.

Läßt man den Dampf einen Druck von 100 Pfd. auf den Quadratzoll erreichen, so liefert der Kessel, da solcher Dampf 294 Mal leichter als Wasser ist, in der Minute $1\frac{3}{4} \times 294$ oder 514 Cubikfuß Dampf, und da beide Kolben zusammen eine Fläche von 376 Quadratzoll haben, so muß die Geschwindigkeit, mit der sie spielen, $\frac{514}{2,6}$ oder nahe an 200 F. und die Radumfänge, die hier genau 4 Mal größer ist, nahe an 800 F. betragen, was der von 9 Meilen pr. Stunde entspricht. — Wenn endlich der effective Dampfdruck zu 72 Pfd. pr. Quadratzoll gerechnet werden darf, so beträgt der Gesammtdruck auf beide Kolben 376×72 oder 27072 Pfd. und auf den Radumfang bezogen $\frac{27072}{4}$ oder 6768 Pfd., d. h., 3 Tonnen, oder soviel als, wie wir oben sahen, die Adhäsion Zugkraft gestattet.

Fig. 144 ist die Skizze einer Eillocomotive nach der Construction von Crampton, wie sie auf der London- und Nord-, sowie auf der Westbahn angewendet werden, hier in Verbindung mit dem Tender dargestellt.

Fig. 145 endlich ist eine sogenannte Tenderlocomotive, für kurze Fahrten bestimmt, bei welcher der Tender zugleich einen Theil der Maschine bildet.

Neuerlich sind iu Deutschland noch weit wirksamere Locomotiven erbauet, als die oben beschriebene americanische. In Gebirgsländern sind bei den Bahnen bedeutende Steigungen und kleine Krümmungen gar nicht zu vermeiden und recht kräftige Locomotiven sind daher ein besonderes Bedürfniß. Dieß stellte sich ganz besonders bei der von der österreichischen Regierung über den Semmerring, auf der Bahn nach Triest gebaueten Strecke heraus und es wurde daher ein hoher Preis für Lieferung tüchtiger Locomotiven ausgeschrieben. Die von Emil Keßler in Eßlingen und John Cockerill in Seraing gelieferten 26 Maschinen haben den Erwartungen voll-

kommen entsprochen und wir wollen sie daher kurz beschreiben; der Entwurf zu diesen Locomotiven rührt von dem technischen Rath im kaiserlichen Ministerium, Hrn. v. Engerth, her.

Die Bahn hat von Gloggnitz über den Semmeringberg nach Mürzzuschlag eine Länge von $5\frac{1}{2}$ Meilen, hat Steigungen von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{40}$ und außerdem auch Krümmungen und Gegenkrümmungen von 100 und 150 Klafter im minimo. Die von der Maschinenfabrik zu Eßlingen gelieferten zehn Locomotiven haben eine vollkommen gleiche Construction. Sie bestehen aus zwei Gestellen, dem vordern oder Maschinengestelle und dem hintern oder Tendergestelle. Das erstere enthält drei Achsen mit sechs gekuppelten Rädern. Die Dampfcylinder, der ganze Mechanismus der Kessel, sowie auch die beiden Wasserkasten, sind auf diesem Gestell angebracht. Das Tendergestell, welches sich unter einen Theil des Kessels erstreckt und auf diese Art zum Unterstützen der Feuerkasten bestimmt ist, nimmt das zur Fahrt nöthige Brennmaterial und das Führungspersonal auf. Die beiden Gestelle sind vor dem Feuerkasten mittelst starker Kreuze und eines Kugelbolzens solid miteinander in der Art verbunden, daß eine beliebige Bewegung sowohl in verticaler als horizontaler Richtung Statt finden kann, so daß diese Maschinen sich leicht in die stärksten Krümmungen einzustellen vermögen. Der Raddurchmesser beträgt $3\frac{1}{2}$ Fuß; die Dampfcylinder haben 18 Zoll Durchmesser und $23\frac{1}{6}$ Zoll Kolbenhub.

Die gesammte innere Feuerfläche des gewöhnlichen Röhrenkessels ist bei dem Feuerkasten . . 70
bei den 189 Feuerröhren von 15 F. Länge
und 2 Zoll äußerem Durchmesser . . . 1330

Zusammen 1400 Q.-F.

Die äußere Heizfläche, wie sie gewöhnlich gerechnet wird, beträgt 1554 Quadratfuß.

Die beiden zur Seite des cylindrischen Kessels liegenden Wasserkästen fassen 200 Cubikfuß und der hintere Tenderkasten hat Raum für etwa 100 Cubikfuß Holz.

Das ganze Gewicht der mit Wasser und Holz ausgerüsteten Locomotive ist 1002 Wiener Centner, welches auf die fünf Achsen folgendermaßen vertheilt ist:

auf der vordersten Maschinenachse		245½	Ctr.
„ „ zweiten	„	223	„
„ „ dritten	„	233½	„
„ „ vierten d. i. 1. Tenderachse		145	„
„ „ fünften „ 2.	„	155	„
Zusammen		1002	Ctr.

Diese Locomotiven haben die an dieselben gestellten Anforderungen in Beziehung auf ihre Leistungsfähigkeit noch übertroffen; die seit Anfang December 1853 damit gemachten Fracht- und Personenfahrten haben bewiesen, daß sie bei einer Geschwindigkeit von 2 Meilen und oft darüber in der Zeitstunde:

bei der schlechtesten Witterung, bei heftigem Winde und Schneegestöber	2000 W. Ctr.
bei mittlerer Witterung	2500 „
und bei schönem Wetter bis zu	3000 „

Bruttolast, mit einer mittlern Dampfspannung im Kessel von 90 W. Pfd. auf den W. Quadratzoll bis nach Semmering ziehen. Der Holzverbrauch stellt sich allein durchschnittlich auf eine halbe Klafter in der Zeitstunde. Auf den ebenern Theilen der Bahn, mit durchschnittlichen Steigungen von 1 : 117, ziehen diese Locomotiven mit 2 Meilen Geschwindigkeit 7500 W. Ctr. Bruttolast.

Die mechanischen Verhältnisse dieser Locomotiven stehen demnach im vollständigen Einklange mit denjenigen der Bahn. Es blieb nur noch übrig, durch Kuppelung aller zehn Räder der Locomotive das ganze Gewicht zur Adhäsion nutzbar zu machen. Daher wurden an einer der Semmeringer Locomotiven alle Räder mit Anwendung von verzahnten Rädern versuchsweise gekuppelt, und alle Locomotiven sind bereits so eingerichtet, daß diese Kuppelung nachträglich angebracht werden kann.

Die Räder bestehen aus schmiedeeisernen Scheiben, in welche die Gußstahlzähne, immer sechs Zähne in einem Stück, eingesetzt sind. Die Zähne sind so stark, daß sie

einem Druck von 40,000 Pfd. widerstehen können. Der Drehungspunct des Tenders befindet sich genau über dem Eingriffe der auf den Achsen befindlichen Räder, und die mittlere Achse ist so verschiebbar, daß die Zahnräder, wenn sie nicht nöthig sind, außer Dienst gesetzt werden können. Durch diese Anordnung bleiben die drei Mittelpuncte der Zahnräder immer in einer geraden Linie, und da die horizontale Drehung der Achsen gegeneinander nur 2 Grad beträgt, so war zu erwarten, daß diese Räderverkuppelung den Dienst nicht versagen würde. Die mit einer Maschine zu dem Ende angestellten Versuche haben die Richtigkeit dieser Voraussetzung erwiesen. Das Schmieren der Zähne wird auf eine einfache und wirksame Weise bewerkstelligt. Die Ziehkraft wurde durch die Kuppelung bedeutend erhöht, indem die Locomotive auf den starken Steigungen mit einer Geschwindigkeit von 2 Meilen 3300 bis 3700 Ctr. zog.

Schließlich verweisen wir unsere Leser auf folgende beide Werke, die den 127. und 192. Band des Neuen Schauplatzes der Künste und Handwerke bilden:

F l a c h a t und P e t i e t Handbuch für Locomotivführer, enthaltend eine theoretische und practische Anweisung über die Einrichtung, Behandlung und Führung der Locomotiv-Dampfmaschinen. Aus dem Französischen von Carl H a r t m a n n. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 64 lithographirten Tafeln. Weimar, 1846.

F l a c h a t, P e t i e t, L e c h a t e l i e r und P o l o n c e a u, Handbuch für Locomotivführer, enthaltend eine theoretisch-practische Anweisung über die Einrichtung, Behandlung und Führung der Locomotiv-Dampfmaschinen. Zweiter oder Ergänzungsband, welcher die neuern Einrichtungen, Betrachtungen über allgemeine Verhältnisse, ferner den Bau, die Reparaturen, den Betrieb und die Veranschlagung der Locomotiven, sowie auch die bei denselben erlangten Erfahrungsresultate enthält. Aus dem Französischen von Dr. H a r t m a n n. Mit 43 Tafeln. Weimar, 1852.

Siebentes Capitel.

Von der Behandlung und Wartung der Dampfkessel und Dampfmaschinen*).

I. Behandlung und Wartung der Dampfkessel.

1) Behandlung neuer Dampfkessel. — Ein neu gesetzter Kessel wird, nachdem er ganz fertig montirt worden ist, so weit mit Wasser angefüllt, daß bei den Probehähnen der kürzere Wasser hat. Da aber noch kein Dampfdruck das Wasser aus dem Hahne treibt, so bläs't man hinein und erkennt aus dem Geräusche der durch das Wasser gehenden Luftblasen, ob dasselbe in hinreichender Menge vorhanden ist. Der Schwimmer und das Wasserstandsglas zeigen den Wasserstand direct, ersterer aber wegen Kälte der Stopfbüchse weniger genau an. Da aber wegen der Füllung gewöhnlich das Mannloch

*) Unter Zugrundelegung des dritten und des sechsten Capitels von dem oft citirten Scholl'schen Werkes bearbeitet.

noch offen steht, so kann man den Wasserstand sehr leicht mittelst eines Stäbchens abmessen.

Das Füllen erfolgt gewöhnlich mittelst einer Handpumpe oder — wo es angeht — aus einem höher gelegenen Behälter. An dem Ausgußrohre der Pumpen befindet sich ein Hanfschlauch, dessen Ende in dem Mannloche hängt. Ist ein Reservekessel gereinigt und soll er nun rasch gefüllt werden, so muß man dem Druckrohre der Kaltwasserpumpe einen Ansatz für die Befestigung des Schlauchs geben. Pumpen dieser Art mit den so bequemen und zweckmäßigen Hanfschläuchen können auch sehr zweckmäßig in Eisenwerken, Fabriken rc. als Feuerspritzen dienen.

Es wird nun langsam mit Feuern begonnen, wobei man das Anzünden mit Holzreisig, Spänen rc. bewirkt. Den ersten Tag muß das Feuer nur schwach brennen, damit das noch feuchte Mauerwerk vor allen Dingen erst austrocknen kann. Man läßt deßhalb die Feuerthür halb geöffnet, damit viel Luft eindringen kann, wodurch das Austrocknen des Gemäuers wesentlich befördert wird; man verschließt die Thür erst nach und nach. Die Esse entwickelt anfänglich viele Wasserdämpfe.

Am zweiten Tage wird das Wasser verstärkt, die Heizthür geschlossen, das Register mehr geöffnet. Ist, wie es bei neuem Kesselgemäuer wohl vorkommt, der Zug so gering, daß das Feuer unter dem Kessel nicht brennen will, so muß man im Essen- oder Schornsteinfuße ein kleines Feuer machen, worauf der Zug sofort verstärkt werden wird. — Sobald der Kessel durchwärmt ist, wird der Schwimmer untersucht, ob der Stein gehörig auf den Wasserspiegel aufliegt und ob seine Bewegungen zuverlässig sind. Sobald sich Dampfentwickelung zeigt, versuche man auch die Wirksamkeit und Beweglichkeit der Probehähne; bei Hochdruckkesseln wird dann auch der Manometerhahn geöffnet und bei Niederdruckkesseln das Luftventil aus dem Sitze gehoben. Endlich untersuche man auch die Sicherheitsventile, ob sie in ihren

Sitzen nicht festhängen und sich bei dem gehörigen Dampfdruck heben werden, und das Dampfrohr.

Zeigen sich Undichtigkeiten und Lecke an den verschraubten Theilen, z. B. an den Kränzen oder Flantschen, so muß man die Mutterschrauben nachziehen und mit Kitt solche Stellen wiederum dicht machen. Läßt man Dampf in die Leitungsröhre strömen, so muß dieß nur langsam geschehen, denn sobald sich das Wasser verdichtet, werden die Kränze undicht und das Wasser quillt heraus. Man muß dann sogleich die Schrauben nachziehen, um das Wasser zurückzuhalten.

Die Heizung muß je nach der zu irgend einem Zwecke erforderlichen Dampferzeugung, deren Stärke von dem Gang der Maschine bedingt und durch das Manometer angezeigt wird, eingerichtet und geführt werden. — Die Wahl des Brennstoffes zur Kesselfeuerung ist entweder schon im Voraus, oder sie wird bald nach einigen Proben entschieden. Die Art des Brennmaterials, ob Holz, Torf, Braun- oder Steinkohlen oder Coaks, muß natürlich im Voraus bestimmt worden sein, weil bei diesen verschiedenen Brennstoffen die Oefen mit geringern oder größern Verschiedenheiten eingerichtet werden müssen. Die Wahl zwischen verschiedenen Abarten der erwähnten Brennstoffe, z. B. zwischen hartem und weichem Holz, zwischen Back- und Sinterkohlen, zwischen Holz oder Reisig, zwischen Moor- und Rasentorf läßt sich dann leicht treffen. Zweckmäßige Benutzung, durch Versuche entschieden, sowie die größere Wohlfeilheit des Einen gegen das Andere bedingen die Wahl.

Holz, Torf, Braunkohlen und Coaks können nur gehörig trocken mit Vortheil verwendet werden, was zu allgemein anerkannt ist, um hier noch einer näheren Erörterung zu bedürfen; ebenso wenig können wir hier von den Mitteln des Trocknens reden. Die von dem Dampfkessel ausgestrahlte Wärme giebt ein sehr gutes Mittel an die Hand, das Trocknen der genannten Brennmaterialien zu bewirken. Nur backende Steinkohlen müssen feucht benutzt werden, indem dann die sich entwickelnden

Wasserdämpfe die Bildung der entstehenden Rinde verhindern, durch welche die Heizkraft vermindert wird.

Form und Größe des Brennmaterials ist ebenfalls gehörig zu beachten. Holz muß am Zweckmäßigsten mittelst einer Kreissäge, die von der Maschine selbst bewegt wird, in zweckmäßig lange Stücke zerschnitten und diese müssen gespalten werden. — Torf wird in den bekannten Stücken, in denen er gestochen oder gestrichen ist, eingeschürt und wenn diese Stücke zerbrochen sind, so schadet es nichts. — Braunkohlen erscheinen entweder holzartig, oder wie Pechkohlen und müssen in beiden Fällen in größere oder kleinere Stücke zerschlagen werden, oder erdig und werden dann, am Zweckmäßigsten mittelst einer Maschinenpresse, in Ziegelsteine geformt und getrocknet. Minder vortheilhaft ist es, die erdige Braunkohle, sowie sie aus der Grube kommt, d. h. staubartig, in den Oefen zu schüren. Es ist alsdann ein Treppenrost das Zweckmäßigste und werden dieselben in diesem Falle viel angewendet.

Steinkohlen werden entweder in Stücken oder als solche mit Grus oder Staub vermengt, oder als letztere allein verbrannt, in welchem letztern Fall ebenfalls enge Roste angewendet werden müssen. Stückkohlen dürfen nicht in zu großen Stücken eingeschürt werden. Dasselbe gilt von den Coaks, die, wie wir sahen, vorzugsweise bei den Locomotiven angewendet werden.

Sehr wesentlich ist es, den Rost überall mit einer gleichförmigen Brennmaterialschicht bedeckt zu erhalten. Die Dicke dieser Schicht richtet sich nach der Entzündlichkeit des Brennstoffes; schwer entzündliche, z. B. Coaks, müssen in dicken Schichten aufgegeben werden. Bei Holz legt man zwei bis drei Stücke übereinander, jenachdem sie dick sind; Torf wird in 8 bis 15 Zoll dicken Schichten aufgeschüttet; Steinkohlen 4 bis 6 Zoll, Coaks dagegen 12 bis 15 Zoll dick. — Keine Stelle des Rostes darf ganz von Brennmaterial entblößt sein. — Ebenso darf nie zu viel Brennmaterial auf einmal eingeschürt werden und man muß dazu den gehörigen Zeitpunct ab-

warten und bestimmen, indem man den Zustand des Feuers durch das kleine Schauloch in der Heizthür beobachtet. Jedes unnöthige Oeffnen der letztern ist zu vermeiden. Soll dagegen die Dampferzeugung plötzlich vermindert werden, so muß man die Thür öffnen. Es muß daher das Schüren so rasch als möglich ausgeführt werden. Zu dicke Lagen erkalten das Feuer, so daß die Verbrennung verzögert wird, viel Rauch entsteht und die Dampfspannung sich vermindert. Geräth dann die Masse recht in's Brennen, so leidet der Kessel leicht und die Dampfspannung wird zu sehr gesteigert. 6 bis 10 große Schaufeln voll Steinkohlen, auf die ganze Fläche vertheilt, reichen jedesmal für die größten Feuer aus. Ehe die frühere Ladung nicht gänzlich durchgebrannt, d. h. vollkommen im Glühen begriffen und die Decke der Schicht nicht mehr schwarz ist, dürfen nicht neue Kohlen eingeschürt werden. Nichtbackende Kohlen können in stärkeren Ladungen aufgegeben werden. Man darf wohl als Regel annehmen, daß beständig 3 bis 4 Ladungen im Brennen bleiben sollen und daß die Zwischenzeit zwischen zwei Ladungen 10 bis 20 Minuten beträgt. Zu öfteres Schüren muß vermieden werden, indem die Heizthür dann zu oft geöffnet werden muß, was die oben angegebenen Nachtheile hat.

Anfänglich sollen kleinere Mengen eingeschürt werden, weßhalb der Heizer seine Arbeit früher beginnen muß. Sind am Abend Register und Aschenfallthüren gut verschlossen, so steht in der Regel Morgens der Dampf noch auf $\frac{1}{3}$ der Spannung, die er den Abend vorher hatte, und nach 20 Minuten langem Vorheizen ist die erforderliche Spannung wieder erreicht. Jedoch ist es zweckmäßig, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Atmosphäre mehr Spannung zu haben, weil der Dampf bedeutend abfällt, wenn alle kalten Maschinentheile erst erwärmt werden müssen. Ehe man zum neuen Schüren schreitet, muß die auf dem Rost brennende Schicht aufgebrochen werden, welches besonders bei Backkohlen nothwendig ist, damit die Rinden zerbrochen und der Luftzutritt erleichtert wird, damit auch die Schlackenkrusten herausgesondert werden. Man be-

dient sich dazu einer spitzen Brechstange, die man auf dem Rost bis zur Feuerbrücke stößt und dann die Masse in die Höhe hebt und auseinander bricht. Die Schlacken kommen dabei an die Oberfläche, werden schwarz und dann mittelst eines eisernen Hakens herausgezogen. Die Asche und die kleinen Coaks, sogenannte Cinders, fallen durch den Rost, und der Heizer hilft mit Brechstange und Haken nach.

Bei einer, im Verhältniß zum Brennmaterial gut angelegten Feuerung fallen gar keine oder nur wenig brauchbare Kohlenstücke oder Cinders durch den Rost in den Aschenfall; weniger ist dieß auf Schiffen und Locomotiven zu vermeiden. Nie darf sich die Asche zu hoch im Aschenfall anhäufen; 2 Fuß Abstand vom Rost ist die größte Höhe der Asche im Kasten.

2) Wartung schon gebrauchter Kessel im gewöhnlichen Betriebe. — Die Beobachtung des Wasserstandes, die Heizung ꝛc. ist ganz dieselbe wie bei den neuen Kesseln, und haben gebrauchte Kessel lange außer Betrieb gestanden, so müssen sie mit derselben Vorsicht angeheizt werden; haben sie kürzere Zeit, z. B. über Sonntag gestanden, so kann man rascher feuern, jedoch muß wenigstens 1½ Stunde früher damit begonnen werden, als der Dampf gebraucht wird. Wird die Dampferzeugung nur eine Nacht hindurch unterbrochen, so gebraucht der Heizer Morgens nur 20 bis 25 Minuten, bis der Dampf die gehörige Spannung erlangt hat.

Das Abblasen oder Ablassen des Wassers aus dem Kessel und die Entfernung des Schlammes aus demselben, mittelst besonders an den tiefsten Puncten der Generatoren angebrachter Oeffnungen und Röhren, die gewöhnlich mit Stöpseln verschlossen worden sind, soll des Morgens geschehen, sobald das Brennmaterial angezündet ist und die Dampfspannung zu wachsen beginnt. Der Wärter untersucht dann sofort die Probehähne, den Wasserstand, die Schwimmer und öffnet den Hahn des Manometers; neben dem Schüren des Feuers besorgt der Wärter die Vorbereitungen an der Dampfmaschine, indem er

die Luft- und Condensationshähne öffnet und die ersteren wieder schließt, sobald die Röhren sich mit Dampf gefüllt haben. Sind zwei oder mehre Kessel gleichzeitig im Betriebe, so muß der Wärter dahin sehen, daß die Feuerung bei allen möglichst gleichartig sei, und daß die Verbindungswege stets geöffnet seien.

Bei'm Anlassen der Maschine oder überhaupt bei dem Oeffnen der Dampfventile zur Ableitung des Dampfes muß das Oeffnen vorsichtig und langsam geschehen, da ein plötzliches Oeffnen Explosionen veranlassen kann und wenigstens die Maschinentheile und Röhren sehr darunter leiden. Soll der Dampfabfluß unterbrochen werden, so muß der Heizer das Register sofort schließen und dann kann er die Feuerthür nach und nach öffnen. Dauert der Dampfabfluß etwas länger, so beginnt der Dampf durch das Sicherheitsventil abzublasen. — Zu der Wartung des Kessels gehört eine fortwährende Controle des Wasserstandes, die Ueberzeugung von der Beweglichkeit und möglichen Thätigkeit aller Theile, das Ansetzen der Pumpe bei'm Wassermangel, die Beachtung der Dampfspannung.

Die Niederdruckkessel werden, wie wir sahen, durch den Schwimmer gespeis't und zwar sehr regelmäßig, gänzlich von selbst, zu rechter Zeit, d. h., wenn die Hitze des Dampfes oder seine Spannung größer wird. Dieser Zeitpunct ist auch bei den Hochdruckkesseln abzuwarten, oder durch geeignetes Feuern herbeizuführen. Da nämlich die Speisung selten eine ununterbrochene ist, so daß sie also mit dem Dampfverbrauche nicht im directen Verhältniß steht, sondern nur alle $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde erfolgt, so muß durch das eingepumpte Wasser eine Abkühlung des Kesselwassers veranlaßt werden. Die Speisung muß daher stets dann bewirkt werden, wenn im Kessel, in Folge starken Durchbrennens des Feuers, eine höhere Dampfspannung eingetreten ist. Der Wärter setzt dann die Speisepumpe an und füllt das fehlende Wasser nach, welches möglichst heiß sein muß.

3) Das Abstellen der Dampferzeugung auf kürzere odere längere Zeit. — Es ist dahin zu rechnen die Ruhe während der Mittagszeit, das Abstellen bei Feierabend für die Nacht, sowie endlich die Unterbrechung auf längere Zeit, z. B. bei solchen Anlagen, die, wie Oelmühlen, nur einen Theil des Jahres arbeiten. Kurz vor dem Abstellen soll nicht geschürt werden, wogegen stark gespeis't, das Register und dann die Dampfleitung geschlossen werden. Unter diesen Umständen wird sich dann das Sicherheitsventil selten zum Abblasen des Dampfes heben. Ebenso wird es bei jeder andern Pause gehalten. Soll nur für mehre Stunden angehalten werden, dann wird das Register geschlossen, das Feuer mit nassen Kohlen stark gedeckt und dadurch gedämpft. Soll die Maschine wieder in Gang gesetzt werden, so öffnet man das Register und bricht die Kohlenschicht einige Male auf. Soll die Maschine, nach Beendigung der Tageschicht, für die Nacht außer Betrieb gesetzt werden, so bemüht sich der Wärter, zuletzt nur soviel Dampf zu erzeugen, als zur Bewegung der Maschine für die kurze Zeit gerade noch hinreicht. Es bleibt dann nur wenig Brennmaterial auf dem Roste, welches herausgezogen und vor dem Aschenfalle mit Wasser abgelöscht wird. Vom Roste werden alle Schlacken und Steine entfernt und starke Schlackenansätze vom Mauerwerk abgestoßen, worauf Heiz- und Aschenfallthür, sowie das Register geschlossen werden. Das Wasser soll bis zum kürzern Probehahne reichen und 1½ bis 2 Zoll über dem mittlern Wasserstande stehen.

Auf dieselbe Weise wird vor Sonn- und Feiertagen abgestellt, außerdem Alles gehörig bei Seite gebracht, gekehrt und die Apparate des Kessels gereinigt und abgeputzt, damit nicht Fett und Rost sich festsetzen, welches nach dem Erkalten um so leichter geschehen kann. Soll der Kessel am nächsten Tage gereinigt werden, so lüftet man, nachdem der Dampf so weit als thunlich aufgearbeitet worden ist, die Sicherheitsventile, läßt sie offen stehen, öffnet das Ausblaserohr und stößt den Zapfen in den Kessel, wobei auch Heizthür, Aschenfall und Register

geöffnet sind. Durch den noch im Kessel vorhandenen Druck und die Wallungen in demselben wird ein großer Theil von den Unreinigkeiten gelös't und hinausgetrieben. Ist alles Wasser abgelassen, so öffnet man die Putzlöcher, um eine möglichst starke Luftströmung nach der Esse zu veranlassen, damit der Kessel zum nächsten Tage kalt werde. Oft läßt man auch, um die Abkühlung zu fördern, kaltes Wasser in den Kessel laufen, welches man am nächsten Tage abläßt, und dennoch ist, bei dicken Ofenmauern, die Wärme noch so groß, daß die Reinigung eine sehr beschwerliche Arbeit ist.

Auf Schiffen, die nur Tagesfahrten machen, wird der Dampf jeden Abend abgeblasen und gewöhnlich werden dann die Züge und der Kessel selbst, der Rost und die Feuerbrücke gereinigt und alle schadhaften Stellen sofort ausgebessert. Die Wiederfüllung des Kessels geschieht mit der Handpumpe. — Soll ein Kessel längere Zeit außer Gebrauch bleiben, so läßt man Dampf und Wasser vorher ab, entfernt Schlamm und Steine aus dem Innern, nimmt den Rost heraus und reinigt die Züge. Mangelhafte Stellen im Gemäuer werden sogleich ausgebessert und alle Theile, die zur Montirung des Kessels gehören, werden sogleich noch warm sorgfältig gereinigt, weil es dann am Leichtesten ist. Die meisten dieser Theile. z. B. die Ventile, müssen zu dem Ende vom Kessel ab- und auseinandergenommen werden. Die gereinigten Theile werden mit reinem Knochenöl oder gutem erwärmten Talg bestrichen und lose zusammengestellt. Auch ist es zweckmäßig, den gereinigten Kessel inwendig mit einem aus Leinöl und Mennige bestehenden Anstrich zu versehen, wodurch das Rosten verhütet und das Ansetzen des Kesselsteins, wenigstens anfänglich, verhindert wird; auch bei jedem neuen Kessel ist ein solcher innerer und äußerer Anstrich sehr zweckmäßig. — Im Winter, bei Frost, lasse man einen Kessel nie so mit Wasser stehen, daß dasselbe gefrieren kann, weil dieß sehr nachtheilig für einen Kessel werden kann.

4) Das Reinigen der Kessel und das Ausbessern kleiner Schäden. — Die sorgfältige Reinigung der Kessel ist ein sehr wesentlicher Punct. Alles Speisewasser enthält mehr oder weniger aufgelös'te Salze oder erdige Beimengungen, die bei der Verdampfung als Schlamm oder als sogenannter Kessel- oder Pfannenstein im Kessel zurückbleiben und fest an dessen Wänden hängen. Diese mehr oder weniger festen Rinden sind sehr nachtheilig, indem sie als schlechte Wärmeleiter, und da sie die dicke der Kesselwände erhöhen, mehr Brennmaterial zur Dampferzeugung erfordern. Auch veranlassen sie eine zu große Erhitzung der Kesselplatten. Bei lange geöffneter Heizthür und vorherigem starken Feuer kann die Rinde losspringen, so daß die Eisenplatte plötzlich mit dem Wasser in Berührung kommt, und es kann dadurch eine Explosion entstehen, indem in solchen Fällen einer übergroßen Dampfbildung die Sicherheitsventile unzureichend sind. Auch leiden die Kesselbleche bei solch' außerordentlichen Erhitzungen und verlieren an Festigkeit.

Läßt man den Kesselstein zu lange sitzen, so wird das Wasser ganz dick, die ausströmenden Dämpfe reißen von den festen Theilen etwas mit sich. bleiben an den Ventilsitzen und Schieberwegen hängen und veranlassen Reibungen und Undichtigkeiten.

Zur Entfernung des Kesselsteins reicht das oben erwähnte Ausblasen mittelst besonderen Rohrs oder auch der Wasserzuleitung, nicht aus, ja es kann das Ansetzen des Steins nicht verhindern, nur macht es die Hauptreinigung seltner nöthig. — Man hat sehr viele Mittel versucht, das Ansetzen des Kesselsteins zu verhindern, so wie ihn zu lösen oder fortzuschaffen, allein nur Wenige haben gute Resultate gegeben, während die meisten andern gänzlich nutzlos waren. Wir wollen hier einige der wirksameren neueren Mittel mittheilen:

Zuvörderst hat man gesucht, bloß das Festsetzen oder das Anbrennen und Festhalten des Kesselsteins zu verhindern, indem man dem Kesselwasser gewisse organische Substanzen, wie z. B. Kartoffeln, Kleie oder Mehl,

zumengte. Die Wirkung dieser Stoffe besteht darin, daß das darin enthaltene Stärkemehl mit dem kochenden Wasser einen Kleister bildet, der sich zunächst an den Wänden ansetzt und dort einen Ueberzug bildet, auch die Vereinigung der ausgeschiedenen erdigen Theile hindert. Setzen sie sich nun aber auch wirklich zu einer Rinde fest, so ist doch zwischen derselben und dem Kesselblech eine Kleisterschicht vorhanden, so daß die Steinrinde sich leicht abmeißeln läßt. — Nach jedesmaliger Reinigung und auch 2 bis 3 Tage vor der abermaligen gebe man Kartoffeln in den Kessel und zwar auf die Pferdekraft etwa 10 Pfund. Dieselbe Wirkung hat auch ein Zusatz von Lohrindenbrühe zu dem Kesselwasser — Dem gereinigten Kessel gebe man, wie schon gesagt, einen Ueberzug und wenn auch nur von heißem Theer, oder von Talg und Graphit; jedenfalls wird dadurch das zu feste Anbrennen des Kesselsteins verhindert.

Zu einem Speisewasser, welches Gyps als Kesselstein absetzt, muß krystallisirte Soda zugesetzt werden, während die Bildung von kohlensaurem kalkhaltigen Kesselstein durch Salmiak, oder besser noch durch diesen und Holzessig verhindert wird; auch bei gypshaltigem Wasser ist er anwendbar; zu 1 Cubikfuß Wasser sind $1\frac{1}{5}$ Loth Salmiak hinreichend. — Auch der Dextrinsyrup, eine aus Kartoffelstärkemehl mittelst Schwefelsäure dargestellte Substanz, hindert die Kesselsteinbildung, indem sich ein brauner leicht zu entfernender Niederschlag absetzt.

Ein rein mechanisches Mittel besteht darin, auf den Kesselboden eine 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll hohe Schicht von kleinen Kiesgeröllen (kleinen Kieselsteinen) aufgeschüttet zu erhalten, wodurch die Ablagerung fester Salzausscheidungen verhindert wird.

Bei'm Auflösen von schon fest abgelagerten Kesselrinden ist zu berücksichtigen, ob dieselben aus Gyps oder kohlensaurem Kalk bestehen; bestehen sie aus ersterem, so wird eine Behandlung der Krusten mit einer erwärmten concentrirten Auflösung von Salmiak oder krystalli-

sirtem kohlensaurem Natron ausreichen, die Krusten entweder als lösliches Kalksalz, oder als pulverförmigen Schlamm zu entfernen. Das Erstere wird bei Anwendung von Salmiak, das Zweite bei Anwendung von kohlensaurem Natron der Fall sein; bestehen die Incrustationen aus kohlensaurem Kalk, so wird derselbe verschwinden, entweder bei Behandlung desselben mit Salmiakauflösung, oder durch Auflösung desselben in Holzessig, oder mit einer stark mit Wasser verdünnten Salzsäure, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß hierbei unter Aufbrausen eine starke Entwickelung von Kohlensäure im Kessel Statt finden kann, welches bekanntlich ein lebensgefährliches Gas ist, daher Arbeiter nicht eher zur vollständigen Reinigung des Kessels eingelassen werden können, bis alles Aufbrausen aufgehört hat und ein brennender Holzspan in das Innere des Kessels eingesenkt, ruhig fortbrennt und nicht sofort erlischt. Ein Ueberschuß von Säure greift übrigens auch die Kesselwände an, daher nur soviel anzuwenden ist, als gerade ausreicht, um den kohlensauren Kalk aufzulösen.

Ein anderes, besonders zur Verhinderung des Kesselsteins bei Schiffsdampfkesseln anzuwendendes Mittel besteht in der Anwendung von überhitztem Wasser zur Kesselspeisung, jedoch haben wir bereits im fünften Capitel darüber geredet.

Ist das Wasser eines Kessels abgelassen, so trocknet und brennt der Kesselstein durch die Hitze der nahen Umgebung des Kessels erst recht fest; man leite alsdann wo möglich, wenigstens bis zur Hälfte des Kessels, Wasser hinein. — Etwa 12 Stunden nach der Entleerung ist der Kessel fahrbar und es muß dann sogleich der Kesselstein losgeschlagen werden, welches mit Hämmern mit meißelartigen Schneiden geschieht. Damit muß nun die ganze innere Wand, so hoch das Wasser gestanden hat, bearbeitet werden, wobei die Steinplättchen abspringen. Sobald die reine Metallfläche bloßliegt, reinigt man dieselbe noch durch tüchtiges Abbürsten mit Wasser und entfernt dann die groben Unreinigkeiten des Kessels

durch das Mannloch, die flüssigen aber aus dem Zapfenloch. Nachdem der Kessel getrocknet, erhält er einen Theeranstrich und ist dann wieder zum Füllen fertig.

Besitzer oder Aufseher der Dampfmaschinen müssen den Kessel von Zeit zu Zeit befahren, um sich von dessen Zustande zu überzeugen.

Die Züge der stationären Kessel müssen alle Wochen mit guten Reisig= oder Ginsterbesen, so wie mit langgestielten Krücken, vom Ruß gereinigt werden. Auf den Dampfschiffen wird diese Reinigung der Züge mindestens alle drei Tage vorgenommen.

II. Die Wartung der Dampfmaschinen.

Wir verstehen unter der Wartung die verschiedenen Arbeiten, welche an jeder Maschine, die in gutem Stande und in voller Thätigkeit ist, vorkommen, und die, um einen regelmäßigen und wohlfeilen Gang zu erzielen, geleistet werden müssen. Es sind namentlich folgende:

1) Das Anlassen oder Inbetriebsetzen der Maschine. — Vor dem Anlassen müssen alle Zapfenlager, schiebenden Stangen, so wie überhaupt alle Puncte, wo Reibung Statt findet, geschmiert werden. Es müssen daher alle Zapfenlager Oelbüchsen haben, aus denen das Oel vorn und hinten an die Zapfen fließt. Die einfachsten haben die Form eines Trichters oder Kelches, dessen Röhrchen nach Innen fast bis zur Höhe des Kelches verlängert ist. In den Kelch wird Lampenbaumwolle, mehrfach um das Röhrchen gewunden, gelegt und das eine Ende, oben übergehängt, reicht in das Röhrchen hinein. Man schüttet nie so viel Oel ein, daß dasselbe über das Röhrchen fließt, sondern es wird durch die ansaugende Kraft oder Capillarität des Dochtes heraufgezogen und in das Oelloch geträufelt. Man hat auch verschieden eingerichtete mechanische Oel= oder Schmierbüchsen.

Alle Zapfen und Stangen, die außer ihrer Bewegung noch erhitzt werden, schmiert man am Besten mit rein ausgelassenem Talg. Man legt davon einige Stück=

chen in die Trichter der Stopfbüchsen, wo sie allmählig bei eintretender Erwärmung schmelzen und die Packungen mit Fett tränken. Aber auch Knochenöl, so wie jedes gute reine Fett, eignen sich dazu, und jenes gewährt den Vortheil, daß man es überall hingießen kann; deßhalb ist solches auch einziges Schmiermittel bei Locomotiven und Schiffen. — Man soll nur gute, reine, obgleich theure Fette anwenden, da die wohlfeilen wegen ihrer Unreinheit nicht allein einen größern Aufwand veranlassen, sondern auch die Maschinentheile verschmieren und verderben. Knochen- und Baumöl sind daher dem Rüböl weit vorzuziehen.

a. Bei'm Anlassen einer Hochdruckmaschine ist dafür zu sorgen, daß einiger Ueberschuß von Dampf vorhanden sei, d. h., eine stärkere Spannung durch das Manometer nachgewiesen werde, als die ist, mit der die Maschine gewöhnlich arbeitet; oder es muß die Spannung bei'm Anlassen im Steigen begriffen sein. Der Maschinist überzeuge sich von der Dampfspannung am Manometer, von dem Vorhandensein des Wassers im Vorwärmer. Die Maschine soll auf $\frac{1}{8}$ des Kolbenhubes still gestellt worden sein, d. h. der Kolben hat schon $\frac{1}{8}$ des zu durchlaufenden Weges zurückgelegt. Dabei ist der Dampfweg geöffnet und die Triebstange hat schon eine günstige Stellung gegen die Kurbel.

Die Arbeitsmaschinen sollen wo möglich bei'm Anlassen des Motoren ausgerückt sein, so daß der letztere leer gehen kann und höchstens das Triebwerk zu bewegen hat; erst wenn er im vollen Gange ist, rückt man die Arbeitsmaschinen ein. — Absperrventil und Drosselselklappe sind geschlossen, alle Schieber aber offen, die Drosselklappe auch außer Verbindung mit dem Regulator. Während diese geschlossen bleibt, wird das Ventil mit Vorsicht und nicht auf einmal geöffnet, so daß der Dampf rasch einströmen und zum Cylinder gelangen kann. Nun öffne man die Hähne in der Dampfbüchse oder im Boden des Cylinders, um condensirtes Wasser auszulassen und die atmosphärische Luft zu ent-

fernen. Sobald aus diesen der Dampf sichtbar nnd ziemlich stark herausströmt, werden sie geschlossen, und die Maschine wird sich sofort rascher bewegen, als sie es früher bei offenen Hähnen allmählig zu thun begann. Oeffnet man nun nach Bedarf die Drosselklappe und hängt ihren Hebel an die Regulatorstange, so erlangt die Maschine ihren normalen Gang. — Steht der Dampfkolben ganz am Ende seines Hubes, so ist man genöthigt, etwas am Schwungrade in dem Sinne seiner zu machenden Bewegung zu drehen.

b. Das Anlassen einer Niederdruckmaschine. — Sobald bei einer solchen die Dampferzeugung beginnt, erwärmt sich auch sehr bald der Cylinder, da immer eine Seite desselben, über oder unter dem Kolben, mit dem Kessel in Verbindung steht, indem das Absperrventil hier fehlt. Man stellt nun den Schieber so, daß der frische Dampf in den gefüllten Condensator geht, wo er unter Geräusch rasch condensirt wird. — Das Einlassen des Dampfes dauert so lange, bis alle Luft ausgetrieben ist, die sich einen Weg durch den Einspritzhahn, das Ausblaseventil, wenn ein solches vorhanden ist, oder durch die Luftpumpe hindurch suchen muß. Die Probe ergiebt sich augenblicklich, wenn man den Condensator öffnet und mittelst Hebung des Schiebers rasch den Dampf absperrt. Sofort muß dieß eine ziemliche Luftverdünnung zeigen. Steht die Maschine auf günstigem Stande, so darf man nur die Steuerung einlegen, den Einspritzhahn öffnen und die Dampfklappe ein Wenig lüften, so erfolgt die Umdrehung. Man regulirt die Einspritzung und verbindet den Regulator mit der Drosselklappe.

Als erstes Erforderniß der guten Führung einer Dampfmaschine ist die regelmäßige Dampfhaltung anzusehen. Es soll die Spannung des Dampfes immer auf dem Grade erhalten werden, für den die Maschine eingerichtet ist, und es ist nie gut, mit einer geringern Belastung der Maschine, bei geringerm Dampfdruck zu arbeiten. In diesem Falle muß durch besseres Schüren die Dampfspannung gesteigert werden.

Soll eine schwere Arbeitsmaschine aus- und eingerückt werden, so daß die Belastung des Motoren wesentlich verändert wird, so muß dieß dem Maschinisten vorher angezeigt werden, worauf er den Gang der Maschine entweder gänzlich abstellt, oder ihn mäßigt. Letzteres geschieht durch Auslösung der Dampfklappe vom Regulator, Führung derselben mit der Hand und durch Verminderung des Einspritzwassers.

Der Maschinist muß folgende Maschinentheile fortwährend beobachten: a. Das Manometer des Dampfrohrs oder Kessels, und das Barometer oder Manometer des Condensators müssen stets die erforderlichen Grade und keine Schwankungen zeigen. — b. Der Expansionsschieber muß fest anliegen und bei gehöriger Stellung des Kolbens abschneiden. An der Stellung der Triebstange, des Balanciers u. s. w. findet man leicht ein Merkmal für diesen Stand des Kolbens. — c. Die Vertheilungsschieber können auf gleiche Weise beobachtet werden, jedoch hat man bei Hochdruckmaschinen ein genaueres Zeichen in den Stößen des abblasenden Dampfes. — d. Die Vorwärmer der Hochdruck- und die Behälter der Niederdruckmaschinen sollen stets bis zur erforderlichen Wasserhöhe gefüllt sein. Wassermangel bei den im Gange befindlichen Zuführungsapparaten beweis't, daß deren Theile in Unordnung sind, die abgeändert werden muß. — e. Sofort bei'm Anlassen der Maschine muß die Speisepumpe auch in Betrieb gesetzt werden, um zu sehen, ob sie im Stande ist, damit dieß bei ihrem Gebrauch stets der Fall sei. — f. Die Röhrenverbindungen, Flantschen an Dampf und Wasserleitungen müssen stets nachgesehen werden, ob sie nicht schadhaft, sondern vollkommen dampf- und wasserdicht sind. — g. Die Stopfbüchsen der Kolben- und Schieberstangen müssen mit reinem geschmolzenen Fett begossen werden, welches sich dann dem Innern mittheilt. — h. Bei den Zapfen und deren Lagern muß man dahin sehen, daß sich das Oel über deren ganze Länge verbreitet habe, damit sie sich nicht erhitzen, in welchem Falle

man zur Abkühlung Wasser darauf tröpfeln muß. Schließen die Pfannendeckel zu dicht auf, so muß man sie losziehen.

Die Menge des Oels und der Schmiere, welche die Maschinentheile gebrauchen, ist je nach der Zahl der Umdrehungen, Kolbenwechsel oder Bewegung sehr verschieden und es läßt sich das Quantum nur durch practische Erfahrung bestlmmen. Manche Theile müssen täglich drei- bis viermal, andere nur zweimal, Morgens vor dem Anfang und Mittags bei'm Stillstande geschmiert werden. — Die Maschinenwärter müssen während des Ganges der Maschinen auf das Putzen aller derjenigen Theile bedacht sein, zu denen sie ohne Gefahr gelangen können, indem sich manche dieser Theile, z. B. Wellen ꝛc., während des Ganges weit besser putzen lassen, als bei'm Stillstande. Ueberhaupt muß auf die gehörige Reinlichkeit der Maschine die gehörige Sorgfalt verwendet werden.

Zum Absetzen der Maschine wird die Drosselklappe ausgelös't und gänzlich geschlossen; dadurch vermindert sich die Geschwindigkeit der Maschine so, daß man nun einen zum gänzlichen Dampfabfluß passenden Zeitpunct abwarten kann. Man schließe also die Absperrung und es wird die Maschine je nach ihrer Belastung nach $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ Huben zum Stillstande gelangen. Die günstige Stellung zum Ansetzen ist $\frac{1}{8}$ des Kolbenhubes. — Bei Niederdruckmaschinen wird nach geschlossener Dampfklappe der Einspritzhahn auch geschlossen; dadurch hört die Condensation auf, es bleibt also im Condensator und in dem mit ihm verbundenen Cylinderraume Dampf und ein solcher Gegendruck, daß der Kolben nicht mehr fort kann.

Soll nur mit halber Kraft gearbeitet werden, wie z. B. auf Dampfschiffen, so beschränkt man gleichzeitig den Dampfzufluß und die Einspritzung. Auch wird auf den Dampfschiffen schon durch die Kurbelstellung allein immer eine Maschine auf Mitte des Hubes gestellt, während die andere zu Anfang steht. Mittelst gehöriger Ver-

setzung des Schiebers mit der Hand, kann jene erste Maschine nun sofort vor- oder rückwärts arbeiten, und in gleichem Sinne bringt sie die andere in Thätigkeit. — Niederdruckmaschinen sind gewöhnlich schneller in Ruhe als die Hochdrucker, jedoch lassen sich letztere sogleich in Ruhe bringen, sobald man die Reinigungshähne im Cylinderboden oder der Dampfbüchse sogleich aufdreht. In gefährlichen Lagen ist dies Mittel sehr zu empfehlen.

Die kleinen Reparaturen und Nachhülfen bestehen im Antreiben der Keile, im Anziehen der Schrauben an den Stopfbüchsen, Zapfenlagern und Röhren. Zum An- und Zurücktreiben der Keile verwendet man kupferne oder hölzerne Hämmer, indem eiserne oder stählerne Bärte an die Keile schlagen würden, wodurch sie unbrauchbar werden. — Sind die Stopfbüchsen neu geliedert, so lassen sie sich noch viel zusammenpressen; hört dieß aber auf so geht der Dampf heraus. Man muß dann noch einige Hanfzöpfe nachlegen und die Schrauben fest anziehen. Die Dauer der Liederungen hängt von der Zahl der Geschwindigkeit der Bewegungen, von der Hitze des Dampfs, der Güte des Dampfes und der Art, wie die Büchse fett erhalten wird, ab und sie muß sofort ausgewechselt werden, wenn durch festeres Anziehen der Büchse die Dampfdichtigkeit nicht mehr erlangt wird. — Das Anziehen der Schrauben an den Büchsen muß ganz gleichartig sein, weil sonst Reibungen und Klemmungen veranlaßt werden.

Die Pfannen- und Zapfendeckel der Lager nehmen nicht den ganzen Umfang der Zapfen ein, sondern lassen einen Zwischenraum zwischen sich, in welchen Holzscheiben von solcher Dicke gelegt werden, daß man die Muttern dicht anziehen kann und die Zapfen sich doch noch frei bewegen können. Dasselbe gilt von den Excentrik-Bügeln. Die Bolzen der Gelenke sind am Zweckmäßigsten etwas conisch, da sie nicht unrund werden und nur angezogen zu werden brauchen, wenn sie schlottern.

Ueber die Führung und Wartung der Locomotiven, die vom Locomotivführer und Heizer bewirkt

werden und wobei wir uns auf die beiden, am Schlusse des vorhergehenden Capitels citirten Werke beziehen, bemerken wir Nachstehendes:

1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden vor der Abfahrt wird der Rost in die noch kalte Maschine eingelegt, Holz und Coaks auf denselben gebracht und langsam angeheizt, wobei der Luftzug für das Feuer durch einen im Locomotivschuppen angebrachten beweglichen Schornstein verstärkt wird. Hat die Erwärmung begonnen, so wird der Steuerungshebel in die mittlere Stellung gebracht, der Regulator geschlossen und die Tenderbremse angezogen, damit die Maschine sich nicht ohne Zuthun des Führers von der Stelle bewegen kann.

Währenddem untersucht der Heizer die ganze Maschine, es werden alle Zapfen geölt, alle Hähne nachgesehen und eine Ueberzeugung von dem geordneten Zustande aller Theile erlangt. Ist die nöthige Dampfspannung erreicht, so wird die Locomotive aus dem Hause heraus und auf eine Zweigbahn geführt, wo der Führer den gehörigen Zustand der Maschine versuchen kann. Diese Vorarbeiten nehmen 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden in Anspruch und es kann nun die Locomotive mit geschlossenem Regulator an die Spitze des zur Abfahrt fertigen Zuges geführt und angehängt werden. Zu Anfang der Fahrt bleiben die Reinigungshähne an den Cylindern geöffnet, so daß alles in denselben vorhandene Condensationswasser entfernt worden ist.

Die Bewegung des Zuges muß anfänglich eine sehr langsame und vorsichtige sein Der Steuerungshebel wird dabei ziemlich weit nach Vorn gelegt und der Regulator nur sehr wenig geöffnet, so daß die Triebräder in eine sehr langsame Bewegung kommen, die Wagen ohne Stoß ihren Platz verlassen und die Verbindungsketten zwischen denselben sich eine nach der andern spannen. Nachdem nun der ganze Zug in Bewegung gekommen ist, kann der Regulator mehr und mehr geöffnet und zugleich der Steuerungshebel der mittlern Stellung genähert werden, bis die gehörige Geschwindigkeit erreicht ist. Der Regulator soll bei'm gewöhnlichen

Gange nie ganz geöffnet sein, so daß auf Steigungen die Kraft noch erhöhet werden kann, welche größte Steigerung jedoch nicht lange anhalten darf. — In einer Entfernung von 2500 bis 3000 Fuß von der Station, muß die Bewegung der Maschine verzögert werden, zu welchem Ende der Führer den Regulator verschließt, den Steuerungshebel auf die Mitte stellt und die Bremse anzieht, weßhalb den Bremsern ein Zeichen mit der Pfeife gegeben wird. Kommt der Zug dennoch zu rasch auf der Station an, so wendet man Gegendampf an.

Während der Fahrt wird der Feuerkasten bis zur Höhe der Röhren stets mit Coaks angefüllt erhalten. Um die durch Einströmen von kalter Luft beim Schüren veranlaßte, nachtheilige Abkühlung zu vermeiden, welche auch noch durch die neu eingebrachten Coaks befördert wird, muß das Schüren rasch und recht geschickt und zu Zeitpuncten bewirkt werden, wo man wenig Dampf gebraucht, oder derselbe im Ueberfluß vorhanden ist. Die Coaks dürfen nicht zu klein sein, weil sie sonst durch den scharfen Zug mit fortgerissen werden und die Röhren leicht verstopfen können.

Fehlt es im Kessel an Dampf, so muß man langsam fahren und so lange nur wenig Wasser einpumpen, bis der Normalzustand wieder erreicht ist. Hat der Dampf dagegen eine zu hohe Spannung, so pumpt man mehr Wasser in den Kessel, oder man läßt, wenn dieß nicht geht, Dampf in den Tender strömen.

In die Nähe der Endstationen gekommen, läßt man das Feuer nach und nach kleiner werden, bis man zuletzt gerade nur noch so viel hat, als erforderlich ist, die Station zu erreichen.

Sehr wesentlich ist es, den Wasserstand im Kessel stets auf der richtigen Höhe zu erhalten. In dem Saugrohre der Speisepumpen befindet sich, vom Tender aus zu verstellen, ein Ventil, wodurch der Wasserzufluß zur Pumpe regulirt wird. Jede Speisepumpe muß mehr leisten können als es erforderlich ist, da sie wegen der raschen Bewegung der Kolben und Ventile sehr unvoll=

kommen arbeiten. Die Speisung wirkt entweder ununterbrochen oder unterbrochen; bei jener hat das Regulirungsventil während der ganzen Fahrt beinahe gleichen Hebungszustand, während bei der letzten Einrichtung das Ventil nur bei Wassermangel geöffnet, bei hinreichendem Vorrath aber wieder geschlossen wird. Die ununterbrochene Speisung ist am Tauglichsten für ebene Bahnen, die unterbrochene für solche mit sehr verschiedenartigen Steigungen und Niveauverhältnissen. Den Zustand der Pumpen lernt man am Besten aus der Oeffnung der Probirhähnchen kennen, aus welchem bei'm richtigen Gange stoßweis Wasser ausströmen muß.

Achtes Capitel.

Von dem Wasser- und Brennmaterial-Verbrauch, so wie von der Berechnung der Kraft, des Dampf- und des Brennmaterialverbrauchs bei den Dampfmaschinen.

Den durchschnittlichen Wasser- und Brennmaterial-Verbrauch bei den verschiedenen Dampfmaschinen-Systemen geben wir hier kurz nach Schöll an. Es ist daraus zu ersehen. welches System man für eine bestimmte Localität oder einen gewissen Fabricationszweig zu wählen hat.

A. Niederdruckmaschine von Watt:

Wasserverbrauch für Condensation und Speisung des Kessels pro Pferdekraft und Stunde .	17,16 Pfd.	=	26	Cub.-F.
verdampftes Wasser .	70,62 „	=	1,07	„ „
Kohlenverbrauch			7 bis 9	Pfund.

B. Hochdruckmaschine mit etwa 4 Atmosphären Dampfdruck, ohne Expansion und Condensation:

Dampf- resp. Wasserverbrauch auf die Pferdekraft u. in der Stunde 83,03 Pfd. = 1,28 Cub.-F.
Kohlenverbrauch . . 14, 0 „

C. Hochdruckmaschine mit Expansion, ohne Condensation:

Dampf- resp. Wasserverbrauch . . . 43,52 Pfd. = 0,66 Cub.-F.
Kohlenverbrauch . . 7,25 „

D. Maschine mit Expansion und Condensation;

Dampfverbrauch . . 43,40 Pfd. = 0,5 Cub.-F.
Kohlenverbrauch . . 7,23 „

Die Niederdruckmaschine hat Dämpfe von $3\frac{1}{2}$ Pfd. Ueberdruck auf den Quadratzoll. — Die Maschine bei B arbeitet mit 4 Atmosphären oder 60 Pfd. Ueberdruck, Die Maschine bei C mit 4 Atmosphären und Expansion bei $\frac{1}{4}$ des Kolbenhubes, diejenige bei D mit 3 Atmosphären = 45 Pfd. Ueberdruck, Expansion bei $\frac{1}{4}$ des Kolbenhubes und mit Condensation. Diese Angaben gelten für Maschinen von 20 Pferdekräften, also für mittelstarke Maschinen. Je größer die Maschine wird, um so günstiger stellt sich der Brennstoffverbrauch, und das Gegentheil tritt ein, wenn sie weniger Stärke entwickelt.

Zur leichten Berechnung von Kraft, des Dampf- und des Brennmaterial-Verbrauchs der Dampfmaschinen, theilen wir hier sehr einfache Formeln und Tabellen mit, die der französische Ingenieur Claudet im Génie industriel vom October 1854 bekannt gemacht, woraus sie der Bearbeiter des vorliegenden Werks für Dingler's pol. Journal, Bd. 135, S. 8 übersetzt hat. Für den Practiker haben diese Formeln und Tabellen einen großen Werth, indem man mittelst derselben auf einen Blick unmittelbar die Kraft, so wie den Dampf und den Brennmaterialverbrauch für alle

möglichen Fälle des Dampfdrucks, der Expansion und der Condensation erkennen kann.

Zur Berechnung der Tabellen wandte Hr. Claudet nachstehende Formeln an, welche Hr. Morin in seinem „Hülfsbuch des practischen Mechanikers ꝛc." mitgetheilt hat:

1) Zur Berechnung der Kraft der Dampfmaschinen ohne Expansion und ohne Condensation:

$$F = k\,n \times 2{,}222\ p\,v\ (1—1{,}033).$$

2) Für Condensations-Dampfmaschinen ohne Expansion:

$$F = k\,n \times 2{,}222\ p\,v \left(1 - \frac{p'}{p}\right).$$

3) Für Expansionsmaschinen ohne Condensation:

$$F = k\,n \times 2{,}222\ p\,v \left(1 + 2{,}303 \log. \frac{p}{p'}\ \frac{1}{p'}\right).$$

4) Für Expansionsmaschinen mit Condensation:

$$F = k\,n \times 2{,}222\ p\,v \left(1 + 2{,}303 \log. \frac{p}{p'}\ \frac{p'}{p'}\right).$$

5) Endlich zur Berechnung der Steinkohlenmenge, welche erforderlich ist, um ein gegebenes Gewicht von Dampf zu erzeugen, nahm er:

$$x = q \times \frac{550 + t — t'}{n}.$$

Er hat alle diese Formeln für jeden Dampfdruck von 1 bis 10 Atmosphären aufgelös't, nämlich für eine und dieselbe Maschine, deren von dem Kolben in der Minute verbrauchtes Dampfvolum 1 Cubikmeter sein würde; den verschiedenen Pressionen setzte er die entsprechenden Pferdekräfte, so wie den Brennmaterial- und Dampfverbrauch per Pferdekraft gegenüber; damit aber die Tabellen nicht zu groß wurden, mußte er constante Coefficienten annehmen. Als Coefficienten der Reibung und der schädlichen Widerstände der Dampfmaschine hat er $k = 0{,}50$ angenommen; für die von dem Brennmaterial benutzte Wärme ebenfalls 0,50; für das Speise-

wasser nahm er die Temperatur $t = 10^{0}$ Cels. an, so daß die obige Formel

$$x = q \times \frac{550 + t - t'}{n} \text{ geworden ist:}$$

$$x = q \times \frac{550 + t - 10^{0}}{7050} \times 0{,}50;$$

und endlich nahm er bei den Condensationsmaschinen einen Gegendruck im Condensator von 0,15 Atmosphären an.

Da die Columne der Pferdekräfte für alle Maschinen, deren Cylinder 1 Cubikmeter Dampf per Minute verbraucht, die relative Kraft angiebt, so ist es zur Berechnung irgend einer Maschine hinreichend. das von dem Kolben in 1 Minute verbrauchte Volum aufzusuchen nnd es mit der in der Columne angegebenen Anahl von Pferdekräften zu multipliciren, welche dem System der Maschine und dem Dampfdruck entspricht.

Man will z. B. die Leistung einer Dampfmaschine mit Expansion und ohne Condensation wissen, welche unter nachstehenden Bedingungen und mit folgenden Dimensionen betrieben wird:

Durchmesser des Kolbens = 0,325 Meter
Kolbenlauf . . . = 0,975 „
Geschwindigkeit . . = 60 Züge in der Minute.
Expansion, $\frac{1}{6}$ des Laufs.
Absoluter Druck des Dampfs, 6 Atmosphären.

Man sucht in der Tabelle der Expansionsmaschinen ohne Condensation, bei $\frac{1}{6}$ Expansion gegenüber dem Druck, 6 Atmosphären, und findet die Kraft von 12,34 Pferden für jeden in der Minute verbrauchten Cubikmeter Dampf; da das in der fraglichen Maschine verbrauchte Dampfvolum

$$v = \left(\frac{0{,}325}{2}\right)^2 \times 3{,}1416 \times 0{,}975 \times 60 = 4{,}852 \text{ C.-M. beträgt,}$$

trägt, so folgert man, daß ihre Kraft ist:

$$12{,}34 \times 4{,}852 = 59{,}87 \text{ Pferde.}$$

Der Dampfverbrauch würde für 59,87 Pferde in der Stunde betragen

$$14,75 \times 59,87 = 883,082 \text{ Kilogr.},$$

und der Steinkohlenverbrauch in derselben Zeit

$$2,92 \times 59,87 = 174,82 \text{ Kilogr.}$$

Man kann diese Resultate stets leicht corrigiren, falls man andere Coefficienten annehmen zu müssen glaubt. Würde man z. B. bei der Maschine, welche wir so eben berechnet haben, anstatt 0,50 als Widerstands-Coefficienteu 0,40 annehmen, so erhielte man statt 59,87 Pferdekräften:

$$59,87 \times \frac{0,40}{0,50} = 47,89 \text{ Pferdekräfte.}$$

Wenn man ferner statt 50 Procent, die der Ofen benutzen könnte, z. B. 60 Procent der von dem Brennmaterial entwickelten Wärme annehmen wollte, so würde die per Stunde und per Pferdekraft verbrannte Steinkohle anstatt 2,92 Kil. betragen: $2,92 \times \frac{60}{50} = 2,43$ Kil.; für die Maschine von 59,87 Pferdekräften macht dieß $59,87 \times 2,43 = 145,48$ Kilogr.; für die Maschine von 47,89 Pferdekräften $47,89 \times 2,43 = 116,37$ Kilogramm Steinkohlen per Stunde.

Dieses Beispiel und die gegebene Erklärung werden hinreichen, um den Gebrauch der Tabellen zu verdeutlichen. Auf diese Weise ist einerseits die Berechnung der Maschinen, welche gewöhnlich die Anwendung von Logarithmen erfordert, auf die einfache Regel de Tri zurückgeführt, und andererseits wird jede Berechnung erspart, wenn man erfahren will, welche Vortheile oder Nachtheile eine Maschine darbietet, je nachdem man den Druck und die Expansion vermehrt oder vermindert, oder je nachdem sie mit oder ohne Condensation betrieben wird.

Es würde vielleicht weit rationeller gewesen sein, keinen Coefficienten anzuwenden und in diesen Tabellen nur die theoretischen Resultate zu geben; indem Hr. C.

aber den Coefficienten 0,50 sowohl für den Nutzeffect der Maschine als für die Leistung des Brennmaterials anwandte, wollte er Zahlen liefern, die sich in der Praxis der Wahrheit mehr nähern.

Maschinen ohne Expansion und ohne Condensation.

Druck in Atmosphären. Effectiver.	Druck in Atmosphären. Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf. C.-M.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf. Kilogr.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Steinkohl. Kil.
¼	1¼	0,287	208,96	150,87	27,70
½	1½	0,574	104,48	89,22	16,50
1	2	1,15	52,24	57,00	10,70
2	3	2,30	26,12	42,10	8,05
3	4	3,45	17,41	36,50	7,09
4	5	4,60	13,06	33,40	6,56
5	6	5,75	10,44	31,70	6,29
6	7	6,90	8,70	30,40	6,08
7	8	8,05	7,46	29,30	5,94
8	9	9,20	6,53	28,60	5,79
9	10	10,35	5,80	27,80	5,70

Maschinen mit Condensation, ohne Expansion.

Druck in Atmosphären. Effectiver.	Druck in Atmosphären. Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf. C.-M.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf. Kilogr.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Steinkohl. Kil.
0,85	1	0,976	61,40	36,10	6,52
1,10	1¼	1,263	47,20	34,08	6,24
1,35	1½	1,550	38,70	33,00	6,10
1,85	2	2,124	28,50	31,60	5,90
2,85	3	2,273	18,30	29,50	5,64
3,85	4	4,421	13,60	28,50	5,52
4,85	5	5,570	10,75	27,60	5,42
5,85	6	6,718	8,90	27,12	5,38
6,85	7	7,866	7,22	26,70	5,34
7,85	8	9,015	6,66	26,20	5,28
8,85	9	10,163	5,90	25,75	5,23
9,85	10	11,312	5,30	25,50	5,21

Maschinen mit Expansion, ohne Condensation.

Expansion.	Druck in Atmosphären. Effectiver.	Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf.		An Steinkohl.
				C.=M.	Kil.	Kil.
3/4	1	2	1,43	41,95	46,70	8,76
—	1 1/4	2 1/2	1,80	33,30	41,30	7,53
—	1 1/2	2 1/2	2,17	27,60	37,70	7,10
—	2	3	2,90	20,65	33,30	6,36
—	3	4	4,38	13,70	28,75	5,58
—	4	5	5,86	10,20	26,20	5,15
—	5	6	7,34	8,15	24,70	4,90
—	6	7	8,82	6,80	23,75	4,75
—	7	8	10,30	5,80	22,80	4,62
—	8	9	11,78	5,10	22,35	4,54
—	9	10	13,25	4,52	21,70	4,45
1/2	1	2	1,59	37,60	41,86	7,85
—	1 1/2	2 1/2	2,56	23,30	32,20	6,03
—	2	3	3,54	16,90	27,25	5,21
—	3	4	5,48	11,00	23,00	4,47
—	4	5	7,43	8,10	20,80	4,08
—	5	6	9,37	6,40	19,40	3,84
—	6	7	11,32	5,30	18,50	3,70
—	7	8	13,26	4,54	17,85	3,62
—	8	9	15,21	3,95	17,30	3,50
—	9	10	17,15	3,50	16,80	3,44
1/5	2	3	3,78	15,85	25,60	4,78
—	3	4	6,19	9,70	20,35	3,96
—	4	5	8,60	7,00	18,00	3,53
—	5	6	11,01	5,43	16,55	3,28
—	6	7	13,42	4,45	15,55	3,11

Maschinen mit Expansion, ohne Condensation.

Expansion.	Druck in Atmosphären. Effectiver.	Druck in Atmosphären. Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf.		An Steinkohl.
				C.-M.	Kil.	Kil.
1/3	7	8	15,83	3,78	14,90	3,02
—	8	9	18,24	3,28	14,40	2,93
—	9	10	20,65	2,90	13,90	2,85
1/4	3	4	6,36	9,45	19,80	3,85
—	4	5	9,10	6,60	16,98	3,34
—	5	6	11,84	5,05	15,35	3,05
—	6	7	14,58	4,10	14,30	2,86
—	7	8	17,32	3,45	13,60	2,75
—	8	9	20,07	3,00	13,11	2,67
—	9	10	22,81	2,62	12,58	2,57
1/5	4	5	9,24	6,48	16,65	3,28
—	5	6	12,23	4,90	14,85	2,94
—	6	7	15,23	3,94	13,70	2,74
—	7	8	18,23	3,28	12,94	2,62
—	8	9	21,22	2,83	12,40	2,52
—	9	10	24,22	2.47	11,89	2,43
1/6	5	6	12,34	4,85	14,75	2,92
—	6	7	15,56	3,90	13,62	2,73
—	7	8	18,76	3,20	12,58	2,54
—	8	9	21,97	2,73	11,95	2,43
—	9	10	25,17	2,39	11,48	2,36
1/7	6	7	15,64	3,82	13,32	2,67
—	7	8	19,02	3,15	12,40	2,51
—	8	9	22,40	2,67	11,68	2,38
—	9	10	25,79	2,31	11,06	2,27
1/8	7	8	19,10	3,14	12,37	2,49

Maschinen mit Expansion, ohne Condensation.

Expansion.	Druck in Atmosphären. Effectiver.	Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf.		An Dampf.
				C.-M.	Kil.	Kil.
1/8	8	9	22,64	2,65	11,58	2,35
—	9	10	26,18	2,30	11,04	2,26
1/9	8	9	22,71	2,64	11,55	2,28
—	9	10	26,38	2,27	10,90	2,24
1/10	9	10	26,44	2,26	10,85	2,22

Maschinen mit Expansion und Condensation.

Expansion	Druck in Atmosphären. Effectiver.	Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf.		An Steinkohl.
				C.-M.	Kil.	Kil.
3/4	0,85	1	1,25	48,00	28,26	4,95
—	1,10	1¼	1,62	37,00	26,70	4,91
—	1,35	1½	1,98	30,30	25,80	4,78
—	1,85	2	2,72	22,00	24,40	4,57
—	2,85	3	4,18	14,30	23,20	4,44
—	3,85	4	5,65	10,60	22,25	4,32
—	4,85	5	7,12	8,42	21,70	4,26
—	5,85	6	8,59	7,00	21,34	4,22

Maschinen mit Expansion und Condensation.

Expansion.	Druck in Armosphären.		Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft.		
	Effectiver.	Absoluter.		An Dampf.		An Steinkohl.
				C.-M.	Kil.	Kil.
¾	6,85	7	10,06	6,00	21,00	4,20
—	7,85	8	11,53	5,20	20,40	4,14
—	8,85	9	13,00	4;60	20,18	4,10
—	9,85	10	14,46	4,14	19,90	4,08
½	0,85	1	1,60	37,40	22,00	3,98
—	1,10	1¼	2,08	28,80	20,80	3,83
—	1,35	1½	2,57	23,30	19,90	3,68
—	1,85	2	3,54	16,90	18,80	3,53
—	2,85	3	5,48	10,95	17,65	3,37
—	3,85	4	7,43	8,05	16,90	3,28
—	4,85	5	9,38	6,38	16,35	3,22
—	5,85	6	11,32	5,30	16,10	2,18
—	6,85	7	13,27	4,54	15,85	3,17
—	7,85	8	15,21	3,94	15,44	3,12
—	8,85	9	17,15	3,49	15,26	3,09
—	9,85	10	19,10	3,14	15,12	3,08
⅓	0,85	1	1,88	31,80	18,80	3,41
—	1,35	1½	3,08	19,50	16,65	3,08
—	1,85	2	4,29	14,00	15,60	2,92
—	2,85	3	6,70	8,85	14,30	2,73
—	3,85	4	9,12	6,57	13,80	2,68
—	4,85	5	11,53	5,18	13,28	2,62
—	5,85	6	13,94	4,29	13,05	2,58
—	6,85	7	16,35	3,65	12,75	2,55
—	7,85	8	18,76	3,19	12,59	2,54
—	8,85	9	21,17	2,84	12,45	2,53

Maschinen mit Expansion und Condensation.

Expansion.	Druck in Atmosphären. Effectiver.	Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf.		An Steinkohl.
				C.-M.	Kil.	Kil.
$\frac{1}{3}$	9,85	10	23,58	2,54	12,23	2,51
$\frac{1}{4}$	0,85	1	2.05	29,40	17,35	3,14
—	1,35	1½	3,42	17,55	15,00	2,77
—	1,85	2	4,79	12,50	13,90	2;61
—	2,85	3	7,53	7,95	12,82	2,47
—	3,85	4	10,27	5,82	12,20	2,37
—	4,85	5	13,01	4,60	11,80	2,33
—	5,85	6	15,72	3,82	11,55	2,28
—	6,85	7	18,40	3,24	11,25	2;26
—	7,85	8	21,23	2,82	11,10	2,24
—	8,85	9	23,97	2,50	10,92	2,22
—	9,85	10	26,70	2,24	10,80	2,21
$\frac{1}{5}$	0,85	1	2,14	28,00	16,50	2,98
—	1,35	1½	3,64	16,40	14.00	2,58
—	1,85	2	5,14	11,62	12,95	2,43
—	2,85	3	8,13	7,36	11,90	2,27
—	3,85	4	11,13	6,38	11,25	2,18
—	4,85	5	14,12	4,24	10,85	2,14
—	5,85	6	17,12	3,50	10,60	2,10
—	6,85	7	20,12	2,98	10,42	2,08
—	7,85	8	23,11	2,60	10,24	2,06
—	8,85	9	26,11	2,30	10,05	2,03
—	9,85	10	29,10	2,06	9,90	2,02
$\frac{1}{6}$	0,85	1	2,17	27,62	16,20	2,94
—	1,35	1½	3,77	15,90	13,60	2.52
—	1,85	2	5,68	11,15	12,40	2,33

Maschinen mit Expansion und Condensation.

Expansion.	Druck in Atmosphären.		Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft.		
	Effectiver.	Absoluter.		An Dampf.		An Steinkohl.
				C.-M.	Kil.	Kil.
$\frac{1}{6}$	2,85	3	8,58	7,00	11,30	2,16
—	3,75	4	11,79	5,15	10,80	2,09
—	4,85	5	15,00	4,00	10,25	2,02
—	5,85	6	18,20	3,29	10,00	1,98
—	6,85	7	21,41	2,80	9,78	1,95
—	7,85	8	24,61	2,44	9,62	1,93
—	8,85	9	27,82	2,15	9.40	1,91
—	9,85	10	31,03	1,93	9,28	1,90
$\frac{1}{7}$	0,85	1	2,18	27,40	16,15	2,92
—	1,35	$1\frac{1}{2}$	3,87	15,45	13,20	2,44
—	1,85	2	5,56	10,75	11,95	2,24
—	2,85	3	8,94	6,70	10,80	2,08
—	3,85	4	12,32	4,85	10,16	1,97
—	4,85	5	15,71	3,81	9,75	1,91
—	5,85	6	19,09	3,14	9,53	1,89
—	6,85	7	22,47	2,67	9,34	1,87
—	7,85	8	25,86	2,32	9,11	1,84
—	8,85	9	29,24	2,05	8,95	1,82
—	9,85	10	32,62	1,84	8,85	1,81
$\frac{1}{8}$	0,85	1	2,16	27,70	16,85	3,05
—	1,35	$1\frac{1}{2}$	3,93	15,20	13,00	2,40
—	1,85	2	5,69	10,55	11,70	2,19
—	2,85	3	9,23	6,48	10,48	2,00
—	3,85	4	12,77	4,70	9,84	1,91
—	4,85	5	16,31	3,66	9,36	1,84
—	5,85	6	19,85	3,02	9,15	1,81

Maschinen mit Expansion und Condensation.

Expansion.	Druck in Atmosphären. Effectiver.	Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf.		An Steinkohl.
				K.=M.	Kil.	Kil.
1/8	6,85	7	23,38	2,57	8,98	1,79
—	7,85	8	26,92	2,23	8,79	1,77
—	8,85	9	30,46	1,97	8,60	1,75
—	9,85	10	34,00	1,76	8,45	1,73
1/9	0,85	1	2,12	28,40	16,70	3,03
—	1,35	1½	3,95	15,50	13,26	2,45
—	1,85	2	5,79	10,35	11,50	2,A6
—	2,85	3	9,46	6,35	10,24	1,96
—	3,85	4	13,13	4,56	9,51	1,84
—	4,85	5	16,80	3,56	9,10	1,79
—	5,85	6	20,48	2,93	8,85	1,76
—	6,85	7	24,15	2,48	8,70	1,73
—	7,85	8	27,82	2,16	8,48	1,71
—	8,85	9	31,49	1,90	8,30	1,69
—	9,85	10	35,17	1,71	8,23	1,68
1/10	0,85	1	2,07	28,90	17,05	3,07
—	1,35	1½	3,97	15,10	12,90	1,38
—	1,85	2	5,86	10,20	11,35	2,13
—	2,85	3	9,65	6,20	10,00	1,91
—	3,85	4	13,45	4,45	9,30	1,80
—	4,85	5	17,23	3,48	8,95	1,86
—	5,85	6	21,03	2,84	8,63	1,71
—	6,85	7	24,83	2,42	8,45	1,68
—	7,85	8	28,62	2,09	8,22	1,66
—	8,85	9	32,41	1,85	8,10	1,64
—	9,85	10	36,20	1,65	7,94	1,63

Maschinen mit Expansion und Condensation.

Expansion.	Druck in Atmosphären. Effectiver.	Absoluter.	Pferdekräfte.	Verbrauch per Stunde und per Pferdekraft. An Dampf.		An Steinkohl.
				K.=M.	Kil	Kil.
$\frac{1}{15}$	0,85	1	1,67	35,90	21,22	3,84
—	1,35	$1\frac{1}{2}$	3,79	15,80	13,56	2,50
—	1,85	2	5,87	10,20	11,39	2,13
—	2,85	3	10,18	5,90	9,55	1,82
—	3,85	4	14,38	4,70	8,78	1,70
—	4,85	5	18,89	3,17	8,19	1,60
—	5,85	6	22,95	2,62	7,99	1,58
—	6,85	7	27,20	2,20	7,72	1,54
—	7,85	8	31,47	1,80	7,55	1,52
—	8,85	9	35,71	1,68	7,40	1,50
—	9,85	10	40,00	1,50	7,27	1,48
$\frac{1}{20}$	0,85	1	1,14	52,60	31,10	5,62
—	1,35	$1\frac{1}{2}$	3.43	17,40	14,93	2,76
-	1,85	2	5,72	10,45	11,67	2,18
—	2,85	3	10,30	5,82	9,42	1,79
—	3,85	4	14,89	4,02	8,46	1,64
—	4,85	5	19,48	3,07	7,93	1,55
—	5,85	6	24,06	2,50	7,63	1,51
—	6,85	7	28,65	2,08	7,29	1,45
—	7,85	8	33,23	1,80	7,16	1,43
—	8,85	9	37,82	1,58	6,96	1,41
—	9,85	10	42,42	1,41	6,83	1,39

Im Verlage von B. F. Voigt sind erschienen und in allen Buchhandlungen zu haben:

Grouvelle, Jaunez und von Julien, Handbuch über den Bau, Aufstellung, Behandlung, Bedienung, Heizung, Abwartung und Conservirung der Dampfmaschinen. Für Maschinenbauer, Maschinenbesitzer, Maschinenbeamte, Maschinenwärter rc. Nach dem Französischen, so wie nach andern guten Hülfsmitteln bearbeitet von Carl Hartmann. Zwei Bände. Zweite, ergänzte und um 8½ Bogen und 3 Tafeln vermehrte und wohlfeilere Ausgabe. Mit einem Atlas von 42 lithographirten Planotafeln. 8. Ebendas. Früher 9 Thlr., jetzt 2 Thlr. 7½ Sgr.

G. A. Verdam, (vormaliger Professor der Mechanik zu Graphenhagen), Grundsätze, nach welchem alle Arten von Dampfmaschinen zu beurtheilen und zu erbauen sind. Ein Hand- und Lehrbuch für Maschinenbaumeister, Fabrikbesitzer und Gewerbsschulen. 1. und 2. Abtheilung, enthaltend: allgemeine und besondere Betrachtungen über die mechanische Kraft des Dampfes; Beschreibung verschiedener Arten und Formen von Dampfmaschinen, Berechnung der Kraft derselben rc. Aus dem Holländischen übersetzt von Dr. Chr. H. Schmidt. Zweite, ganz umgearbeitete und um 10 Bogen und 10 Tafeln vermehrte aber im Preise nicht erhöhte Auflage, bearbeitet von Dr. C. Hartmann. 8. Mit 22 lithogr. Foliotafeln. Früher 2½ Thlr., jetzt 20 Sgr.

Desselben Werkes Ergänzungsband, enthaltend die verschiedenen Arten, die Bewegung vom Treibkolben überzutragen und aus dieser Bewegung diejenige der verschiedenen arbeitenden Theile abzuleiten, so wie auch Regeln zur Bestimmung der Dimensionen oder der sogenannten Stärke der sich bewegenden und die Bewegung vermittelnden Theile der Dampfmaschinen. Nebst einem Sach- und Wortregister über alle 5 Abtheilungen des 4. Theiles. Mit 8 Tafeln. 8. Früher 2½ Thlr., jetzt 20 Sgr.

Der Maschinenbauer oder Atlas und Beschreibung der Maschinen-Elemente. Zum Gebrauch für Maschinenbauer, Architekten, Zeichner, Künstler und Handwerker, so wie auch für polytechnische Gewerbs-, Bau-, Bergschulen. — Nachgelassenes Werk des Professors Le Blanc zu Paris. Der erste Band nach dem französ. Original und die übrigen Bände nach den besten in- und ausländischen Hülfsmitteln, bearbeitet von Dr. Carl Hartmann. Zweite um einen vierten Band vermehrte Ausgabe. Ebendas. 1.—3. Band jeder 1 Thlr. 10 Sgr., 4. Bd. appart 22½ Sgr. (Alle 4 Bände zusammen nur 4 Thlr.)

Taf. II.

Fig. 18.

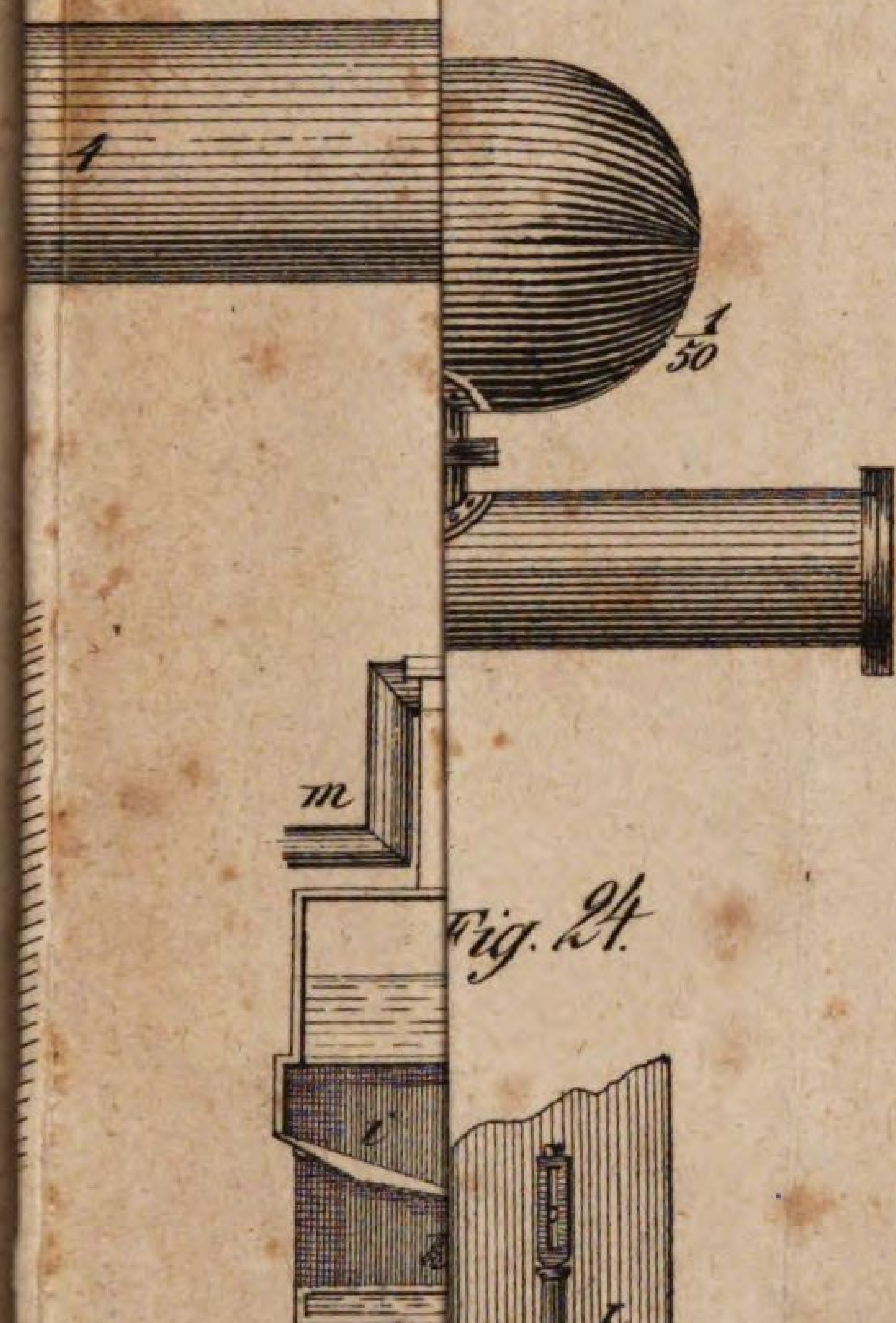


Fig. 24.

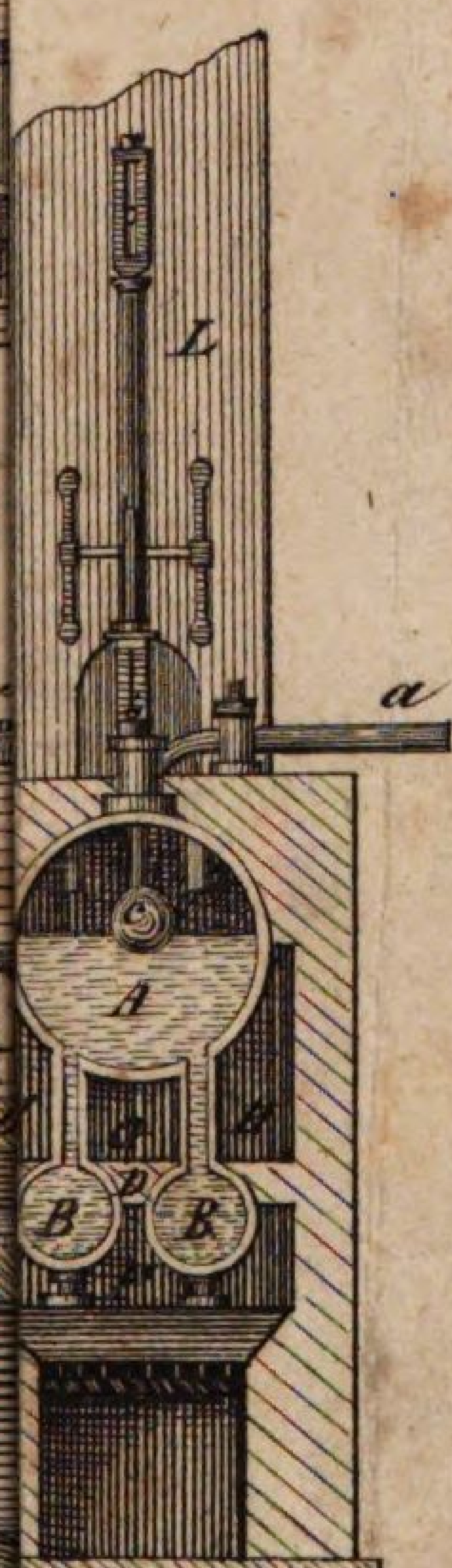


Fig. 23.

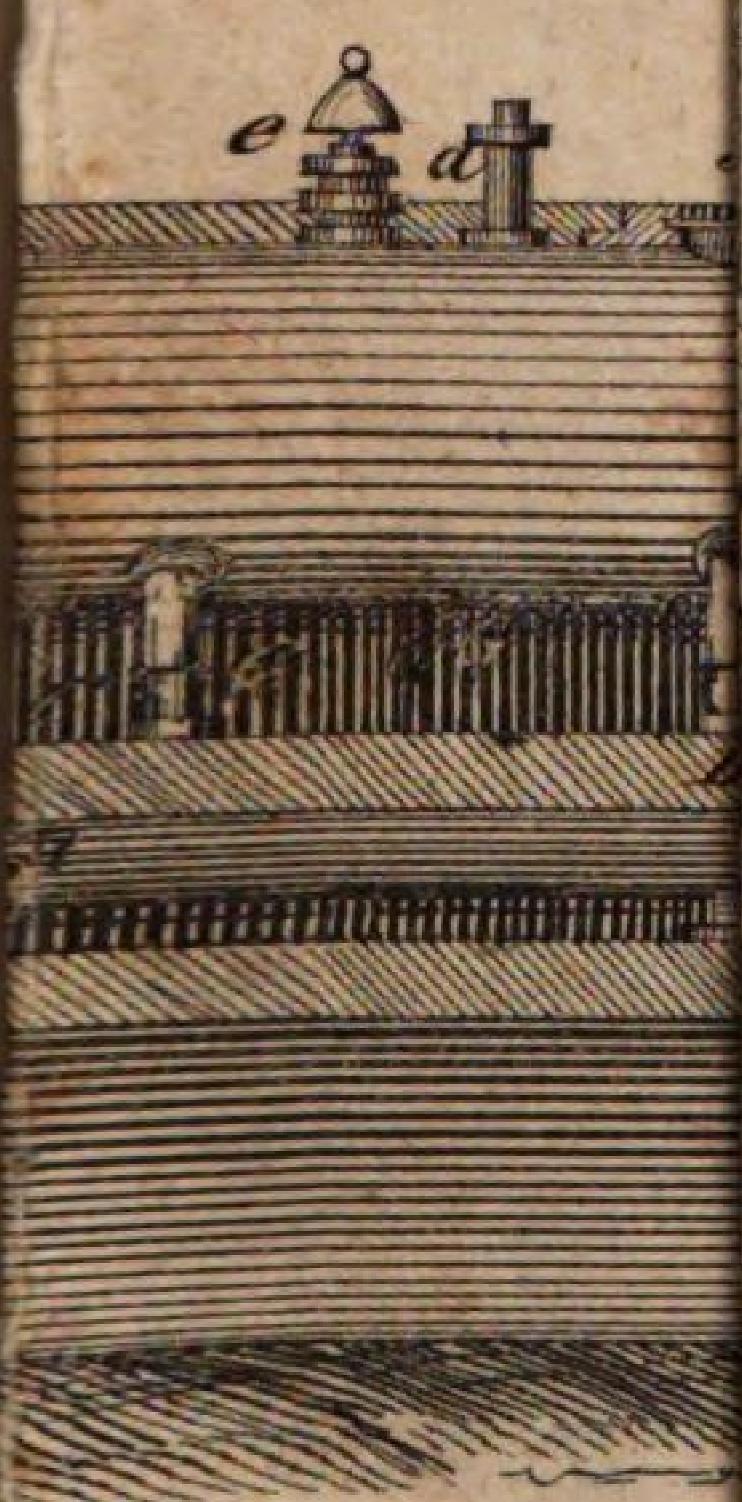


Fig. 33.

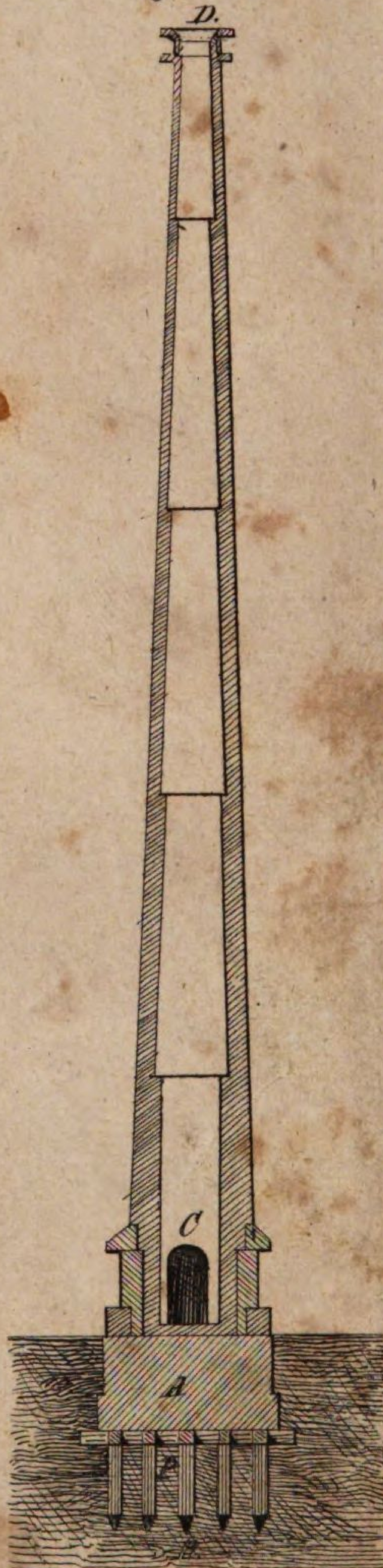






Fig. 40.

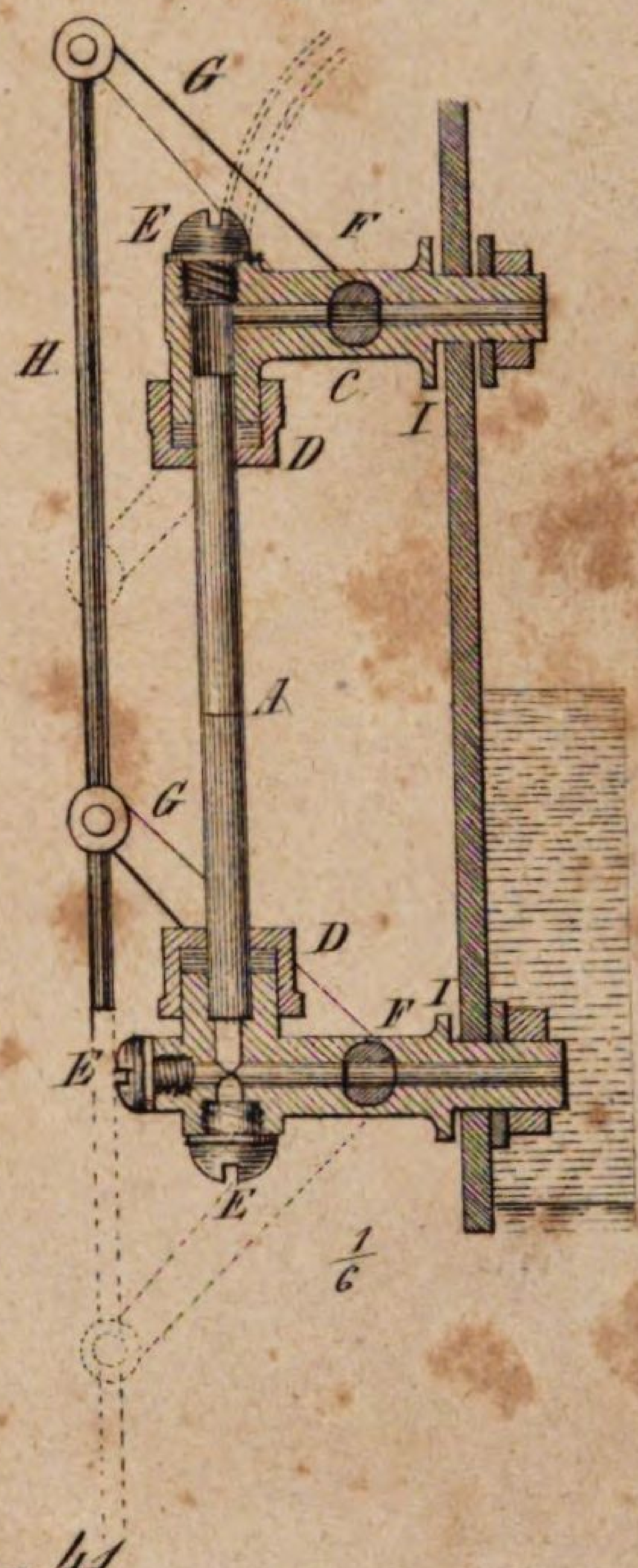
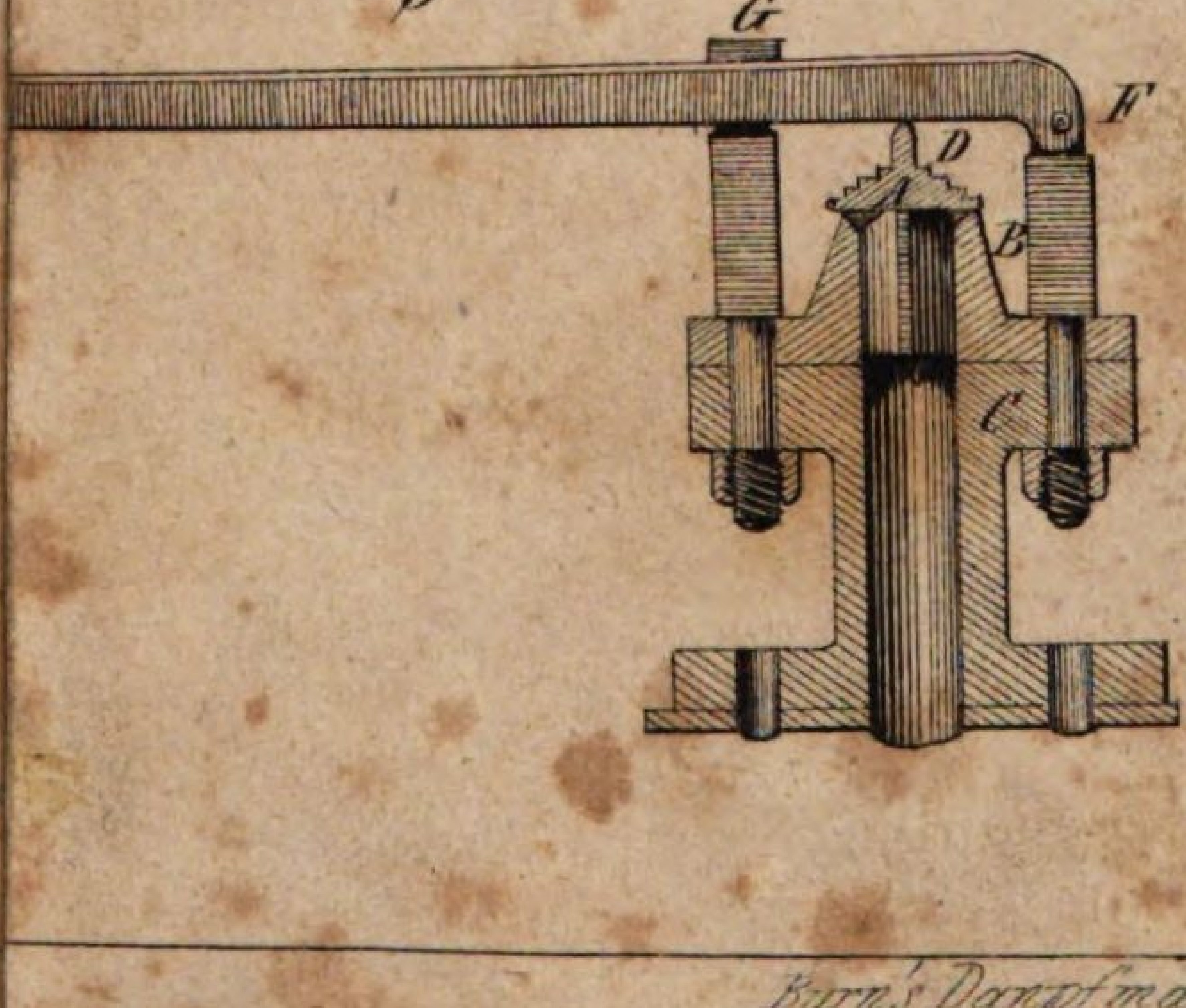
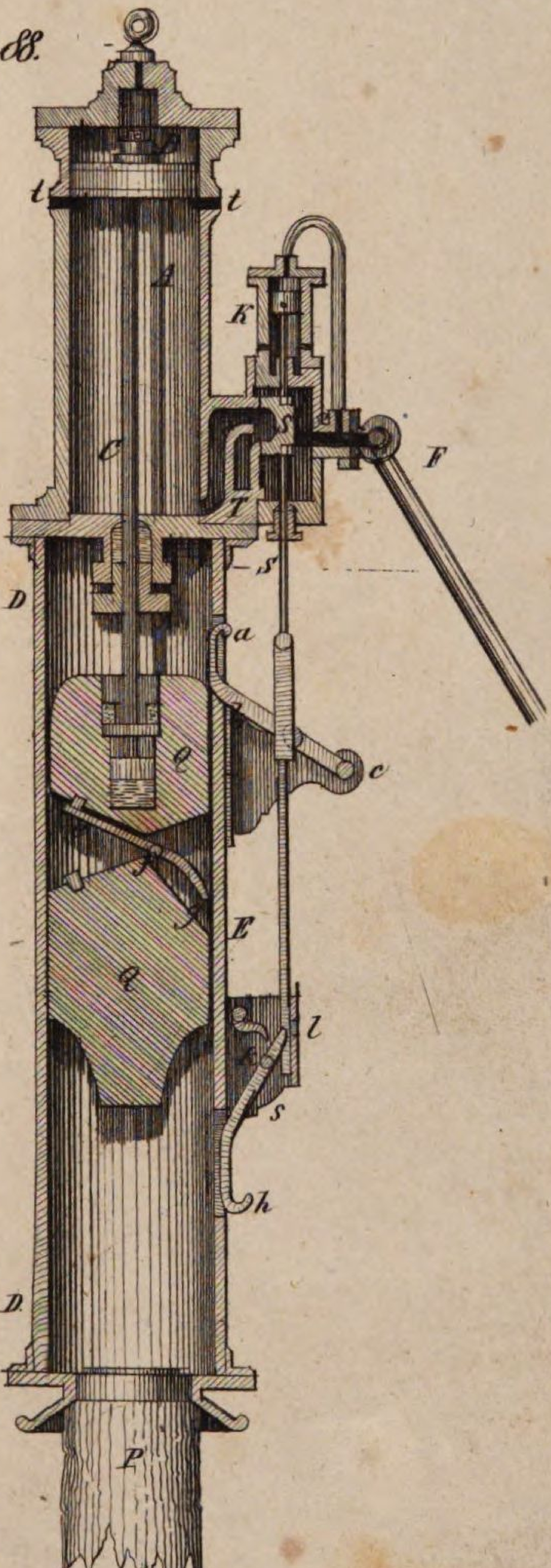


Fig. 41.



Taf: VII.

Fig. 88.



Burn's Dampfmasch.

Taf. VII

Fig. 89.

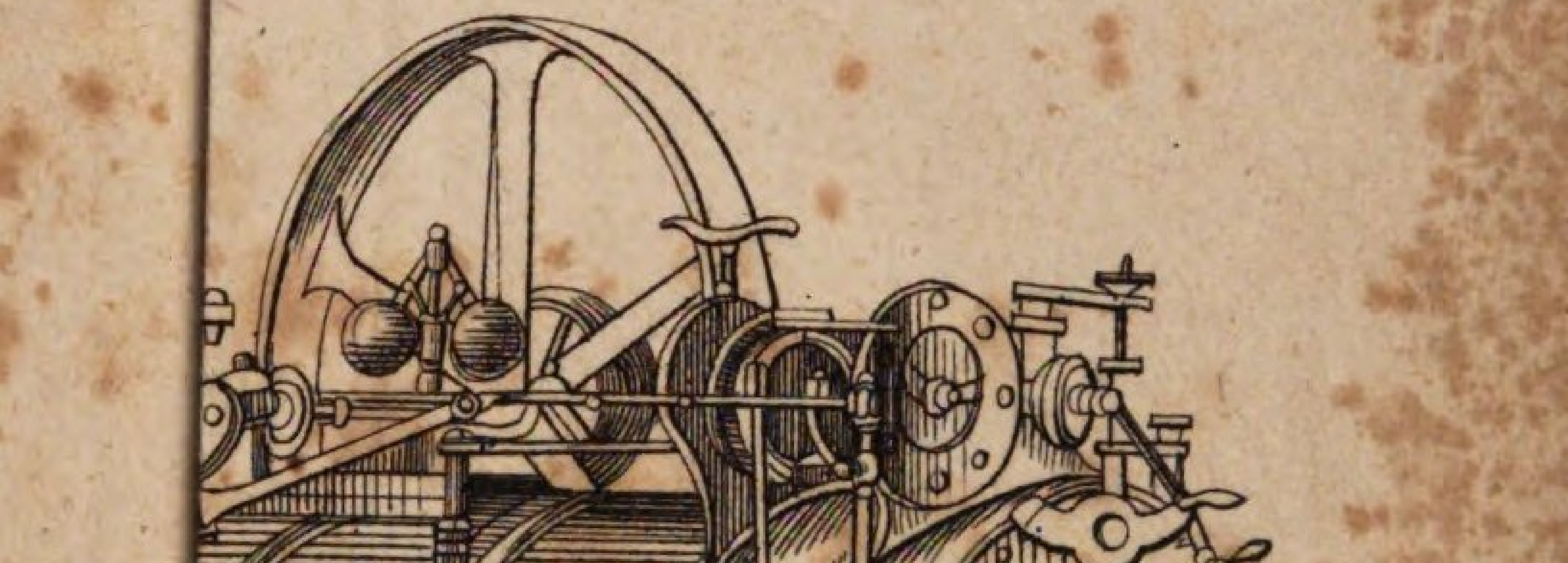
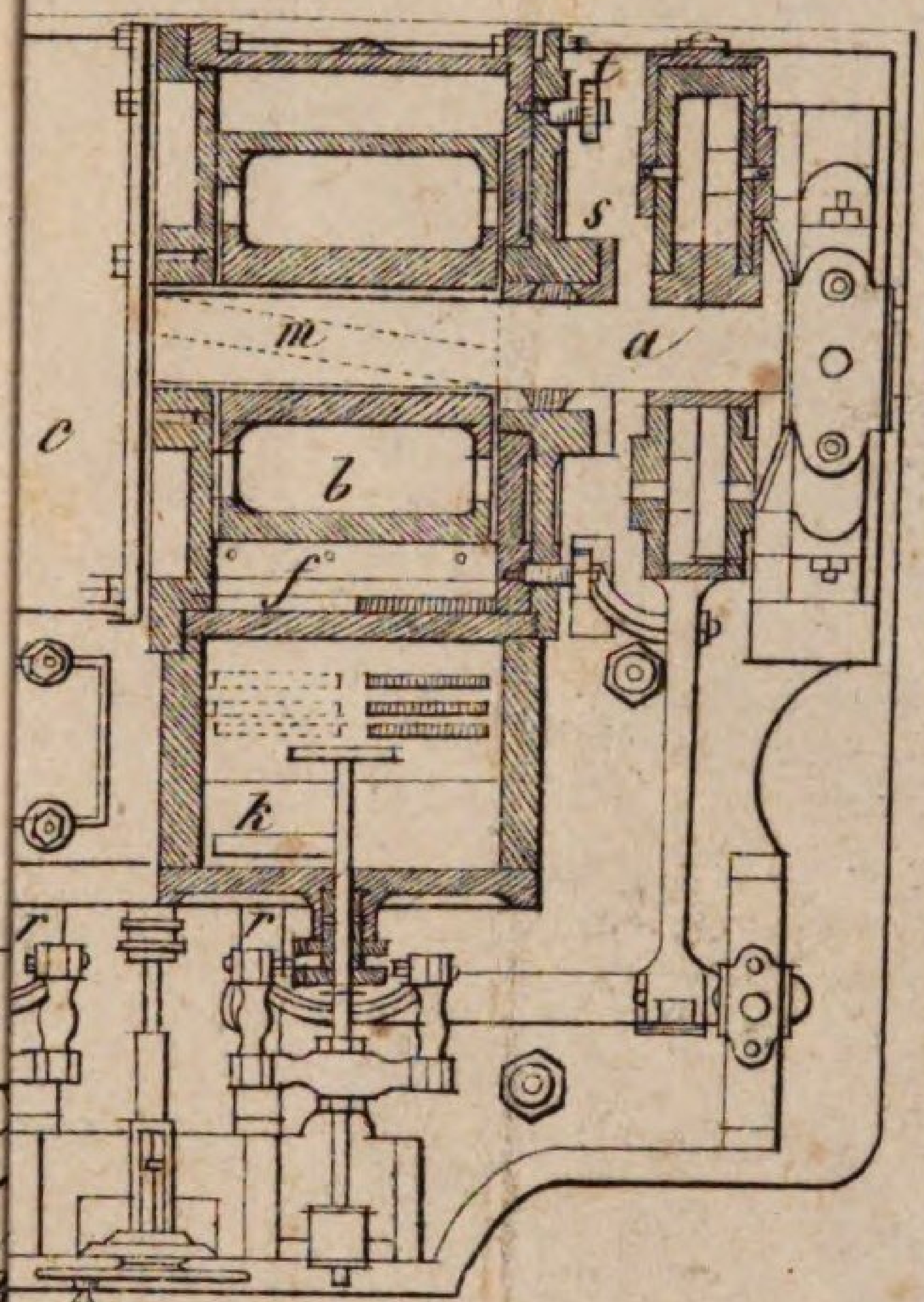


Fig. 103.



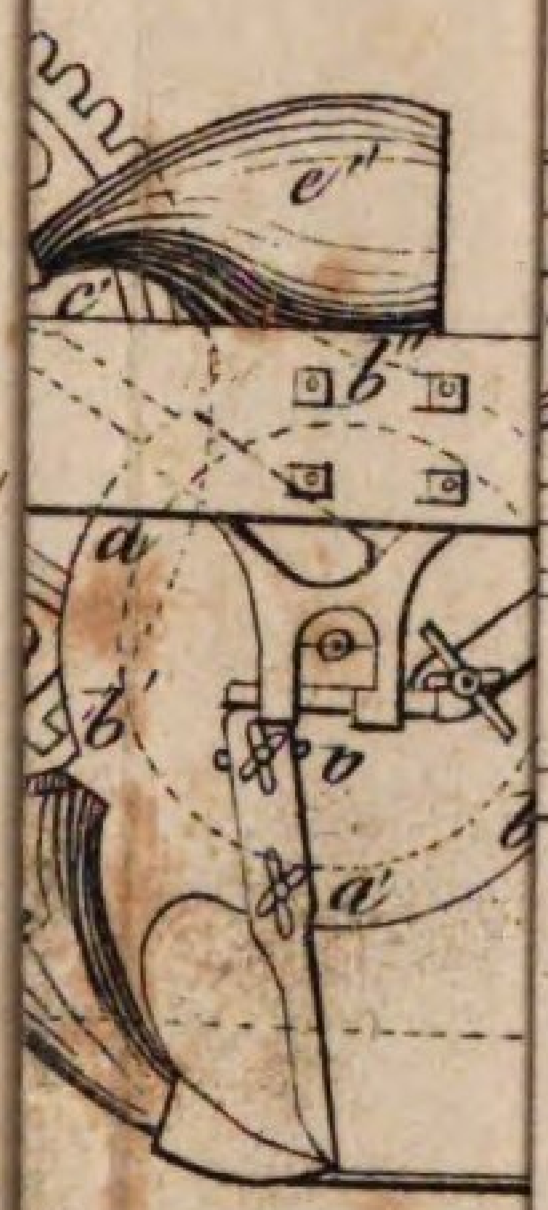
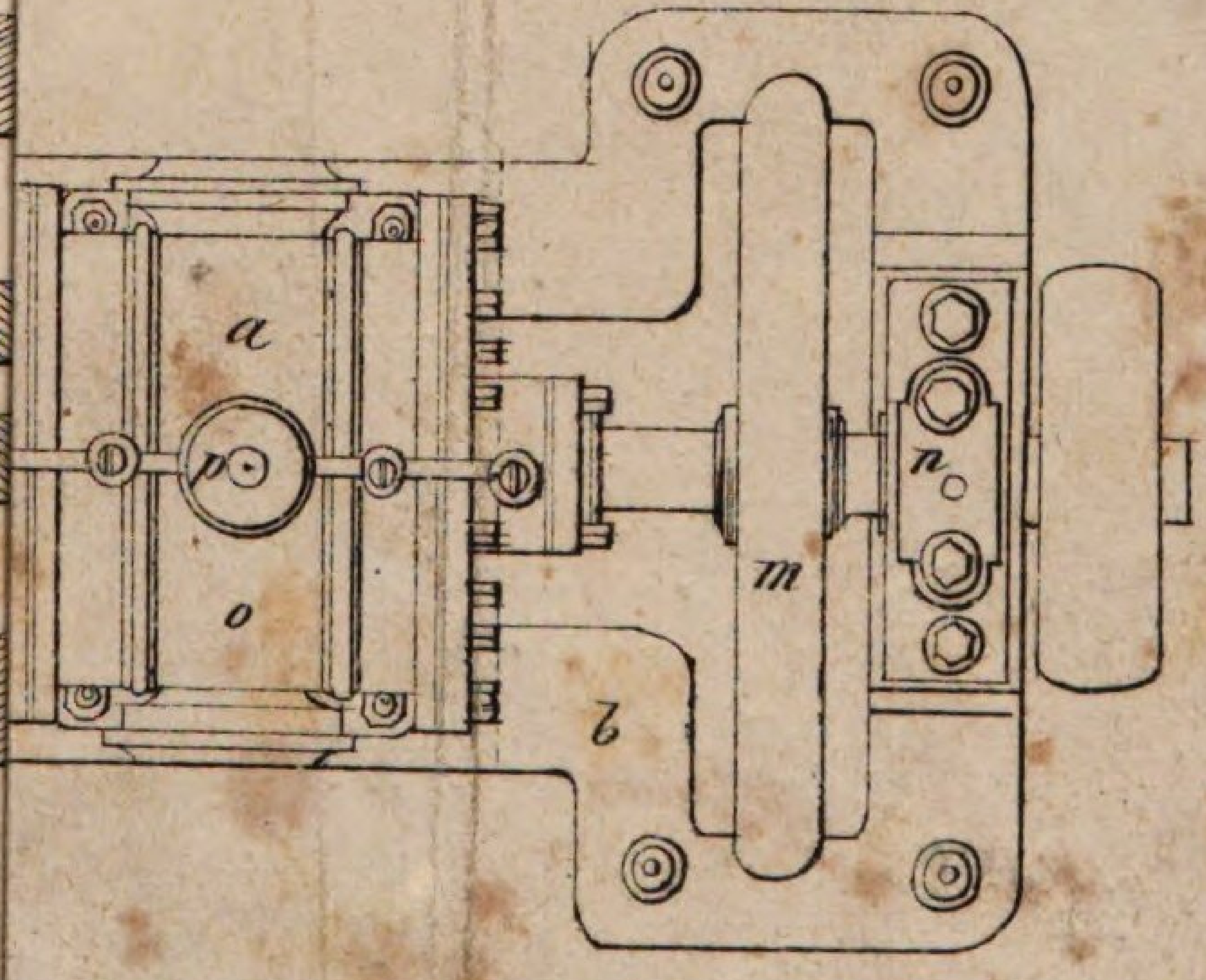


Fig. 106.





Taf. XI.

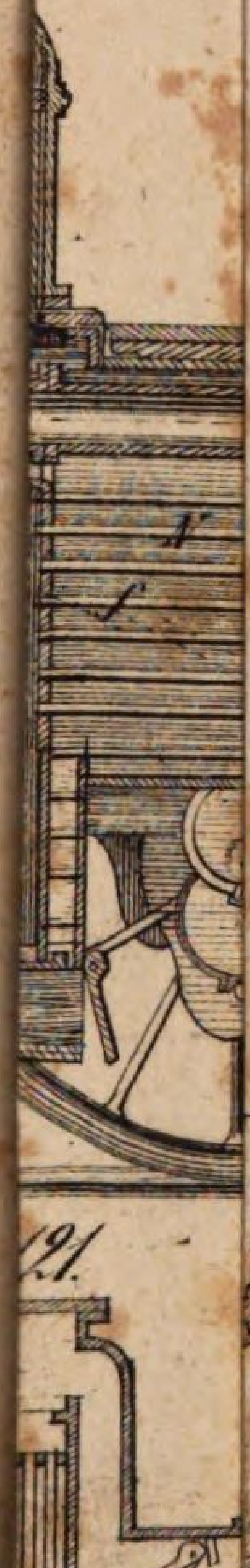
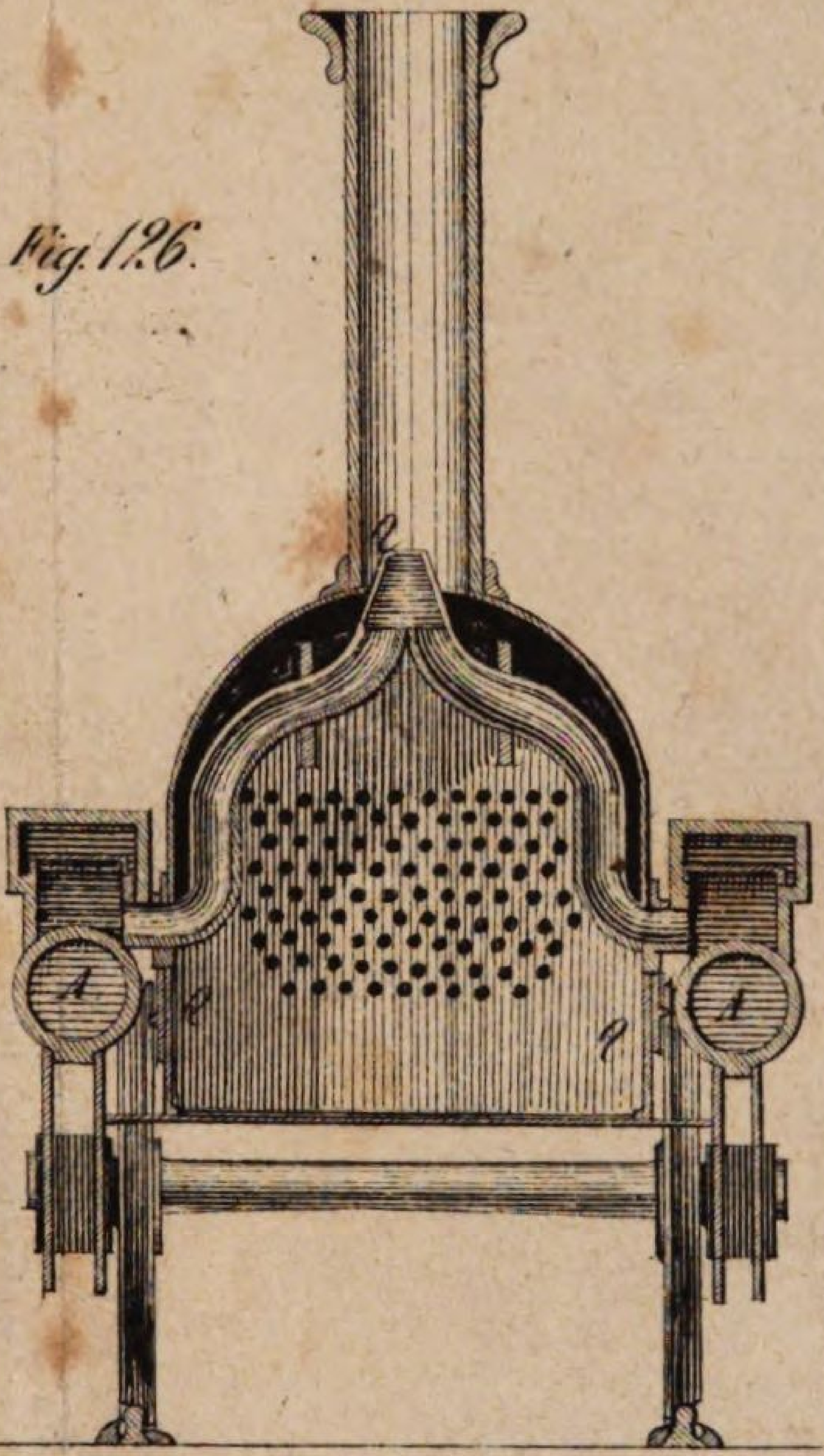


Fig. 126.



121.

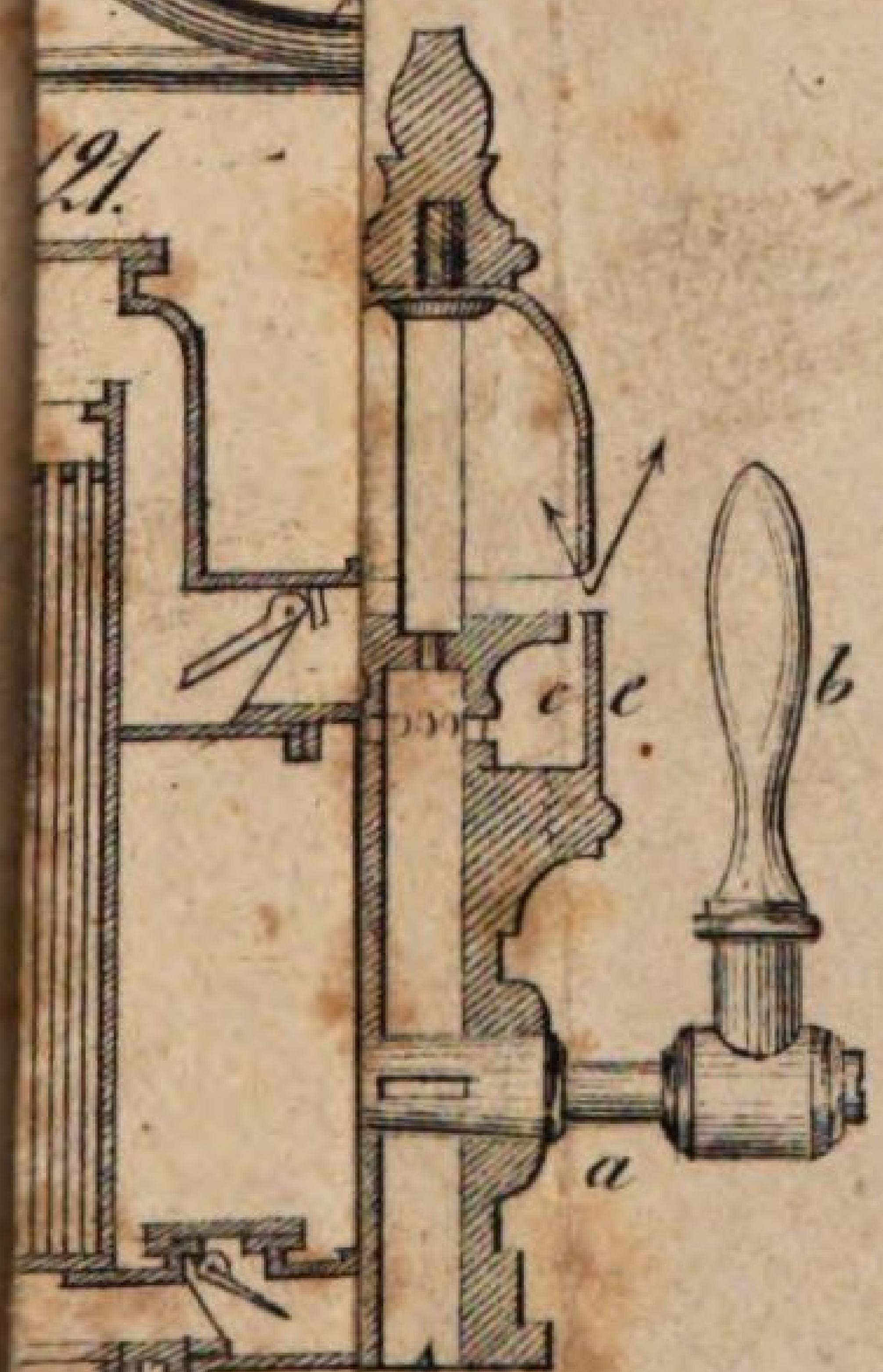
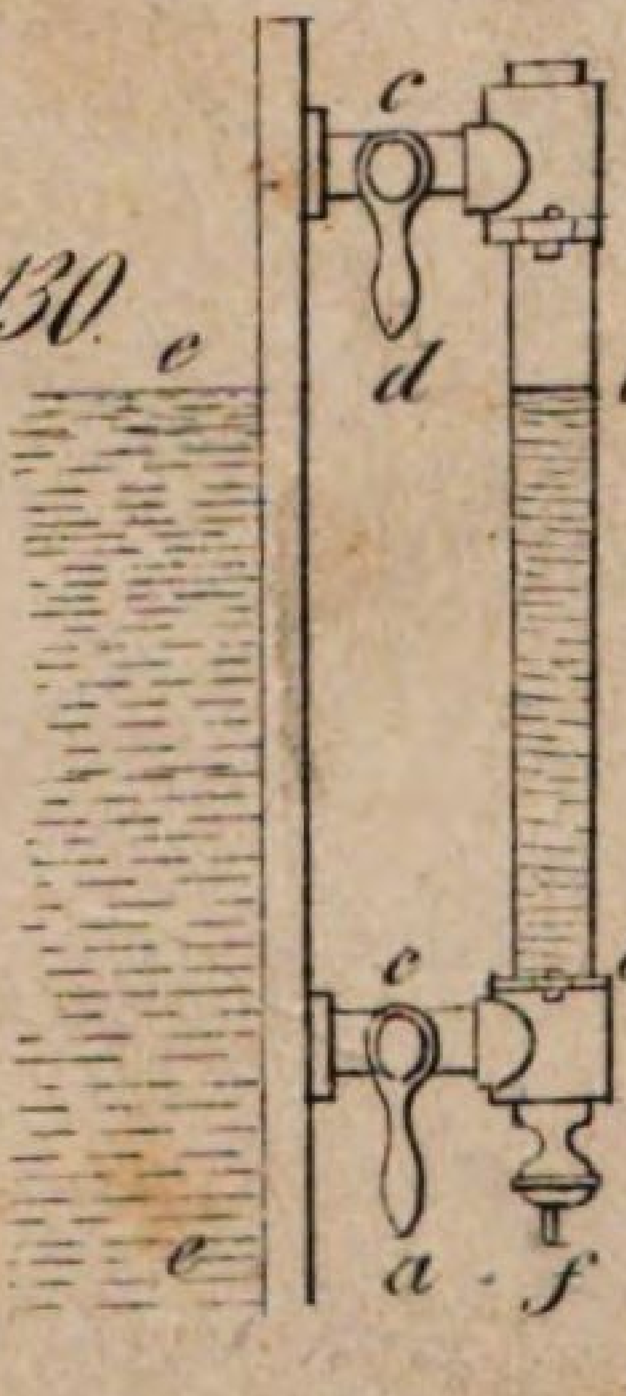


Fig. 130.



Burr's Dampfwag.

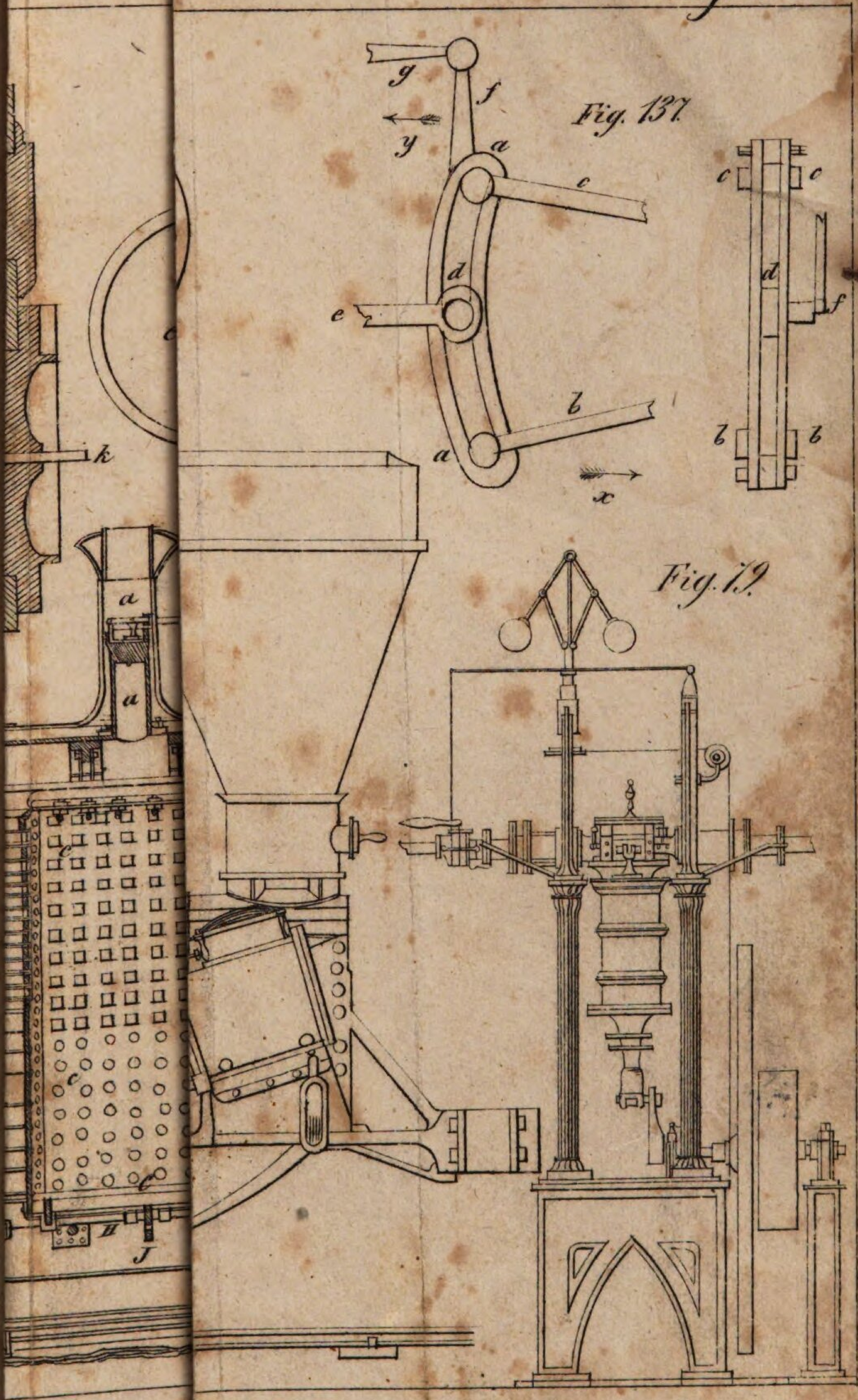
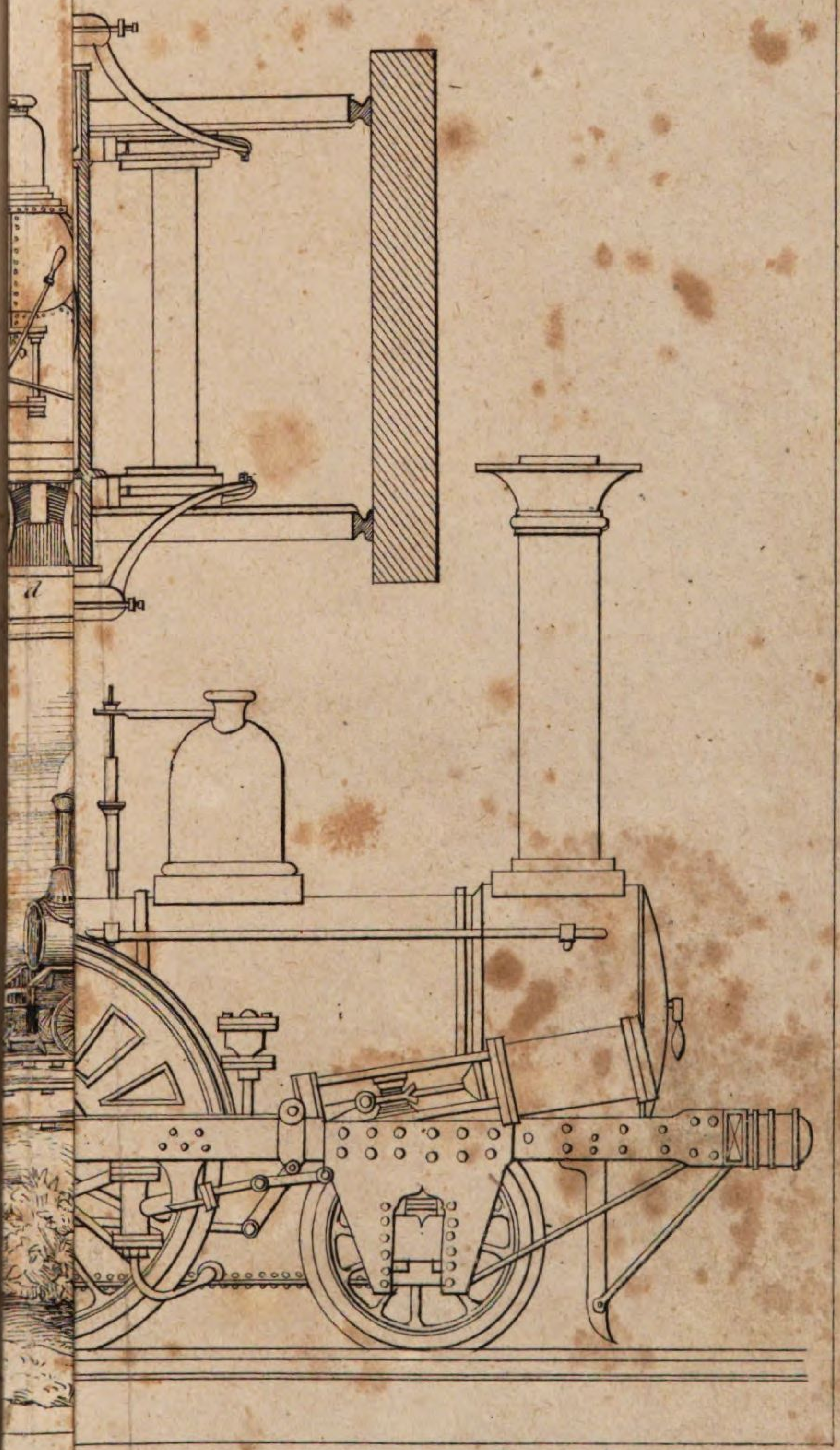


Fig. 137.

Fig. 79.

Taf. XIII.



Burn's, Dampfmasch